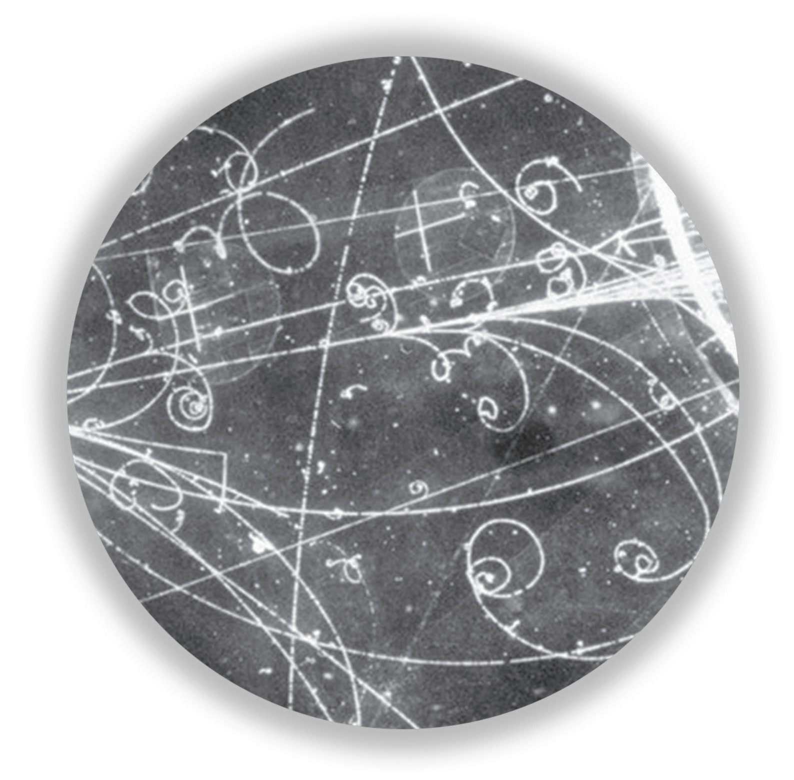
NALLIELY HERNÁNDEZ

# Una lectura desde el pragmatismo de Richard Rorty



Universidad de Guadalajara

# Minimalismo filosófico en mecánica cuántica

## Una lectura desde el pragmatismo de Richard Rorty

Nalliely Hernández

# Minimalismo filosófico en mecánica cuántica

## Una lectura desde el pragmatismo de Richard Rorty

Universidad de Guadalajara
2021

Esta publicación fue sometida a dictamen a doble ciego por pares académicos y financiada con el fondo federal PROINPEP 2020 Programa de Incorporación y Permanencia de los Posgrados en el PNPC.

Primera edición, 2021

Centro Universitario
de Ciencias Sociales y Humanidades
Unidad de Apoyo Editorial
Guanajuato 1045
CP 44260
Alcalde Barranquitas
Guadalajara, Jalisco, México

ISBN Electrónico 978-607-571-098-3

Impreso y hecho en México
*Printed and made in Mexico*

# Índice

# Introducción

Este libro intenta vincular dos temas que canónicamente parecen bastante ajenos: la interpretación de Copenhague de la mecánica cuántica, y el planteamiento epistemológico del filósofo norteamericano Richard Rorty. Es muy posible que, a primera vista, este vínculo parezca un sinsentido o, por lo menos, extraño.

Por un lado, la mecánica cuántica, que tuvo origen en las primeras décadas del siglo pasado con el fin de dar cuenta de los fenómenos microfísicos, revolucionó nuestra concepción respecto a la realidad física y la ciencia. Ello originó un conjunto de debates, particularmente de carácter filosófico (o en la frontera de la ciencia y la filosofía) que permanecen en buena medida en discusión hasta la fecha. De tal forma que coexisten diversas escuelas interpretativas (y teorías alternas) alrededor de ella, algunas de las cuales llegan a ser casi personales. Sin embargo, la interpretación de Copenhague fue la primera interpretación exitosa, y parte de ella se mantiene como base de la ortodoxia explicativa en la comunidad científica.

Por otro lado, Rorty fue un filósofo neopragmatista de la segunda mitad del siglo pasado que aborda diversos temas a lo largo de su trayectoria intelectual. Se inició profesionalmente en el campo de la filosofía de la mente, aunque tuvo una formación permeada por la historia de la filosofía y de las ideas. No obstante, con el paso del tiempo, su pensamiento derivó en varios giros: pragmático, hermenéutico,

historicista y hasta literario, lo cual le dio a su perfil filosófico una versatilidad que pocos pensadores contemporáneos alcanzan. Esto lo condujo a reflexionar sobre múltiples temas clásicos y otros más lejanos del canon filosófico, así como a aquellos que se ubican en los bordes y más allá de la disciplina.

De esta forma, se forjó como uno de los filósofos, según Harold Bloom, más interesantes, pero tambíen más polémicos del siglo XX. De hecho, como también dice Ramón del Castillo (2017), "en cierto sentido, Rorty fue un filósofo antifilósofo" por cuestionar la pertinencia de buena parte de las problemáticas del gremio. La pluma de Rorty era siempre hábil y persuasiva; saltaba con dominio y erudición, pero también con desenfado de un filósofo a otro, relacionando personajes que tradicionalmente se concebían tan distintos como incomensurables, así como tesis de muy diversos talantes filosóficos, y de esa forma construyó puentes entre tradiciones y estilos que levantaron no pocas objeciones. En definitiva, el norteamericano se apropiaba de ideas y textos con osadía, pero también con cuidado y minuciosa conciencia de sus afirmaciones. Ello generó tanto fascinación como malestar y hasta indignación al interior del gremio filosófico.

Curiosamente, en la gama de temas que Rorty cubrió, la física nunca fue especialmente importante. Si bien a lo largo de su obra la concepción filosófica de lo científico en la modernidad es reiteradamente objeto de análisis y de crítica, esto lo hacía con el objetivo metafilosófico de cuestionar una cultura cientificista que se guiaba por lo que consideraba una mala o, por lo menos, una caduca interpretación filosófica de las empresas que iniciaron personajes como Galileo, Descartes o Newton.

Por lo tanto, su análisis de la ciencia estaba intrínsecamente vinculado con la tesis de que la epistemología contemporánea había heredado buena parte de sus problemas y posibilidades del planteamiento moderno, acuñado parcialmente por esta interpretación de lo científico, pero que se trataba de un proyecto agotado. En este sentido, su obra más ambiciosa para presentar un escenario historicista y opcional del origen

de la teoría del conocimiento moderna fue *La filosofía y el espejo de la naturaleza*. En ella, Rorty articula una extensa crítica a la idea del conocimiento entendido como representación de la realidad. Es decir, cuestiona la insistencia de la tradición en comprender la naturaleza del conocimiento y la mente bajo la suposición de que "saber es representar con precisión lo que hay fuera de la mente; entender de esta manera la posibilidad y naturaleza del conocimiento es entender la forma en que la mente es capaz de reconstruir tales representaciones" (Rorty, 2001: 13).

De acuerdo con su lectura, la modernidad colocó a la teoría del conocimiento como fundamento de otras áreas de la cultura, ya que puede juzgar la pretensión de conocer. Al mismo tiempo, el conocimiento se demarca como definitorio de lo humano en su actividad representadora, la que, a su vez, nos distingue esencialmente del resto de los animales. Cuando Rorty muestra, por un lado, este proyecto epistemológico marcado por determinadas condiciones históricas que han cambiado (principalmente la secularización) y, por otro, que en el contexto contemporáneo lleva a un debate teórico que resulta interminable, lo hace para sugerirnos sustituirlo por una perspectiva instrumental, naturalizada y socializada del conocimiento.

Rorty adopta de Darwin una visión sobre la evolución biológica, llevándola también al terreno cultural como una secuencia de accidentes afortunados y desafortunados:

> Darwin sugirió que la diferencia que existe entre nosotros y los reptiles no es que éstos se ajusten meramente a su entorno mientras que nosotros lo *conocemos*, sino que, más bien nosotros nos acomodamos a la realidad mucho mejor que ellos; mejor, esto es, en el sentido de ajustarnos "de manera que nos concedemos más variedad y libertad". Esta sugerencia es precisamente, la que se desarrolla en la negativa del pragmatismo a aceptar que existe diferencia entre el conocer y adaptarse, entre el entrar en contacto con las esencias o, simplemente, el apencar con los accidentes (Rorty, 1993a: 19).

Así, para el pragmatista el conocimiento es una herramienta para sobrevivir al entorno de formas cada vez más sofisticadas. Paralelamente, dicha herramienta se encuentra condicionada por la historia y la cultura de manera permanente.

Como consecuencia, su deconstrucción epistemológica le lleva a proponer una perspectiva tan antifundacionista del conocimiento como antiesencialista de la realidad. El conocimiento trata sobre procedimientos que son producto del ensayo y el error que se adoptan y normalizan, para después transformarse y sofisticarse en la medida en que los problemas a los que nos enfrentamos van cambiando. Como resultado de esta perspectiva, los problemas clásicos de la epistemología, tales como la cuestión de su fundamento, y las concepciones filosóficas de la verdad o la objetividad se disuelven, a través de su metáfora instrumental, lo cual minimiza su robustez filosófica.

En definitiva, el rasgo más distintivo de la propuesta rortiana es que el hombre y el mundo en el que está sumergido tienen un carácter contingente, siempre condicionado por su contexto, y junto con él, la idea de dejar de oponer lo universal y lo contextual como algo que resulta relevante para las prácticas humanas. Por tanto, no hay procedimientos propiamente epistemológicos generales (el método científico, por ejemplo); consecuentemente, tampoco vocabularios que gocen de "mayor o menor realidad". Sólo hay unos que son más útiles que otros para unos u otros fines. Algunos de estos son más homogéneos y regulados, otros más diversos y polémicos. Pero ultimadamente se trata de una cuestión de familiaridad cultural.

Ahora bien, en este contraste entre vocabularios familiares y novedosos, el físico y filósofo estadounidense Thomas Kuhn y su distinción entre ciencia normal y ciencia anormal sirvieron a Rorty para sugerir una distinción más general entre epistemología y hermenéutica, equivalente a la diferencia entre el espacio de las reglas y la argumentación, y aquel de la redescripción, en la que no hay reglas bien establecidas. De acuerdo con el norteamericano, todos los vocabularios tienen, en una u otra medida o momento, este tipo de espacios anormales, incluido, por

supuesto, el científico. Este es el caso de las revoluciones científicas. Por lo tanto, si bien *La filosofía y el espejo de la naturaleza* no habla de forma específica sobre la ciencia, la tesis central del libro tiene inevitablemente consecuencias sobre la concepción filosófica de la ciencia, puesto que pone en duda las formas canónicas con las que se caracterizan filosóficamente las categorías con las que se identifica el conocimiento científico, sus procedimientos y sus objetos.

Como resultado de este pragmatismo historicista radical que permea toda su obra, en varios de sus textos, como *Objetividad*, *relativismo y verdad* (1996), C*onsecuencias del pragmatismo* (1996) o *Filosofía como política cultural* (2010), entre otros, Rorty realiza algunos análisis epistemológicos sobre temas como el método o la racionalidad científica, el estatus ontológico de los objetos científicos, y la concepción de la verdad heredada de la ciencia, apoyándose en varios de los filósofos de la ciencia más interesantes, pero también más polémicos de la tradición, como Paul Feyerabend, Arthur Fine o Ian Hacking. Sin embargo, dichos análisis siempre estuvieron encaminados a poner culturalmente *en su lugar* el papel de la ciencia en la vida contemporánea. Un lugar que, como es de esperarse, no era nada protagónico. De tal forma que, aunque Rorty nunca estuvo demasiado interesado por la estructura particular, desarrollo y caracterización filosófica de las teorías científicas, más allá de su elogio como instrumentos muy eficaces y de sus logros tecnológicos (Rorty siempre dijo que sentía mucha más envidia del poeta que del científico), su empresa *despistemologizadora* de la cultura le llevó paradójicamente una y otra vez a hablar filosóficamente de la ciencia.

En cualquier caso, está claro que Rorty no fue un filósofo de la ciencia (al menos de forma intencional), probablemente porque creía que no había nada demasiado general y filosófico qué decir al respecto, menos aún lo fue de la física en particular. Por tanto, escribir un libro sobre mecánica cuántica a partir de su deconstrucción epistemológica podría parecer un despropósito.

Adicionalmente, la interpretación de la teoría que voy a analizar aquí, la denominada interpretación de Copenhague, tuvo como pro-

tagonistas al físico alemán Werner Heisenberg y al físico danés Niels Bohr, cuyo perfil "filosófico", plasmado en su famoso principio de complementariedad, ha sido asociado frecuentemente a la perspectiva kantiana, por un lado, y la kierkegaardiana, por otro, por la vía de su contacto más directo con la filosofía, el profesor Harald Høffding. Aunque Bohr muestra ciertamente una actitud también pragmática en su interpretación, esta ha sido más bien relacionada en ocasiones con William James. Por lo tanto, a primera vista no parece haber un vínculo teórico, claro y relevante entre el pragmatismo contemporáneo de Rorty y la interpretación de Copenhague de la teoría cuántica.

Por todo lo anterior, como he dicho, parecería extraño u ocioso intentar interpretar el espíritu de Copenhague y de Niels Bohr desde esta perspectiva. Más aún cuando otros pragmatistas contemporáneos, como Hilary Putnam, ya se han ocupado de forma más específica del análisis filosófico de la mecánica cuántica. Sin embargo, intentaré mostrar que no es así: que un análisis rortiano puede resultar novedoso, sugerente y útil.

Por un lado, aunque Rorty no tenga una "teoría filosófica" sobre la ciencia, su análisis epistemológico proporciona suficientes elementos para analizar una teoría científica. Por otro lado, el pragmatismo rortiano es bastante más radical que el de muchos de sus colegas identificados con esta tradición, como el caso de Putnam, por lo que la imagen que nos proporciona su pauta interpretativa es harto distinta de estos y, por tanto, novedosa.

Por ello, el hilo conductor de este texto está dirigido en dos sentidos. En primer lugar, pretendo rastrear un talante pragmatista, si bien implícito, en el *espíritu* de la interpretación de Copenhague. Esto no con la intención de mostrar que hay una influencia definida pragmatista en estos autores, por supuesto, sino para exponer cierto *aire* pragmatista en la cultura que empieza a permear (creo que desde varias déca das atrás) la física en particular. En segundo lugar, mostraré tanto la plausibilidad como la utilidad de la perspectiva rortiana en el caso de la ciencia. Es decir, haré una reinterpretación de los objetos que son des-

critos por Copenhague para valorar la imagen que de estos nos proporciona el minimalismo epistemológico de Rorty; y, a partir de ello mostraré que algunos de los problemas filosóficos que atraviesan la historia de la mecánica cuántica se disuelven con esta imagen.

Con lo anterior sugiero que la perspectiva de este filósofo norteamericano no sólo es plausible, sino también útil, al deshacerse de un conjunto de problemas filosóficos obsoletos y poco fructíferos. Creo, además, que esta teoría física pone en evidencia con particular énfasis el espíritu instrumentalista e historicista de la perspectiva rortiana, debido a las radicales rupturas que las descripciones cuánticas presentan respecto de la visión clásica de la física y del propio sentido común. Adicionalmente, y como corolario, la relectura correspondiente permite colocar a la teoría cuántica en un lugar cultural propio de la perspectiva rortiana, y la restringe para ser usada en otros dominios y con otras metas, como muy a menudo ocurre. Es decir, mi propuesta también tiene un propósito cultural más amplio: si tengo éxito en mi empresa, y muestro esta interpretación de los objetos cuánticos como una perspectiva viable, se sigue que el vocabulario de la ciencia no exige ser interpretado como un vocabulario privilegiado, más o menos real en la cultura. Sólo que es eficiente para ciertos fines, pero que es inútil o hasta indeseable para otros.

Para alcanzar tales propósitos tendré que recurrir a ciertas simplificaciones, tanto históricas como conceptuales, sobre los elementos que conforman dicha interpretación. Por un lado, me centraré en las afirmaciones de Niels Bohr, quien se considera el padre de la interpretación, con algo de apoyo de las ideas de Werner Heisenberg, quien probablemente tenga la perspectiva epistemológica más cercana, aunque en absoluto idéntica a la del físico danés. Aunque el grupo de Copenhague no se restringe a estos personajes, sí constituyeron el liderazgo y corazón de la interpretación, al menos en su origen.

Por otro lado, me centraré en las concepciones que desarrollaron durante 1927, cuando elaboran el principio de complementariedad e indeterminación, respectivamente, como base interpretativa de la teoría, así como de sus reflexiones de los años inmediatos (hasta 1930 más o

menos); también, haré uso del material posterior que sea consistente con ellas, puesto que sus desarrollos se modificaron y extendieron durante muchas décadas. Me detendré con mayor detalle en los planteamientos y discusiones que tuvieron lugar a finales de 1926 y al inicio de 1927, con el fin de retratar la construcción de la interpretación; ello no resulta ocioso puesto que considero que estos resultan un elemento clave para analizar el espíritu filosófico de la misma y que parto de la tesis de que la historia es central para la reconstrucción de la argumentación científica.

Además, ello implica que voy a distinguir entre la interpretación de Copenhague y lo que, a veces, se denomina "interpretación ortodoxa", y que comúnmente se entienden como equivalentes. Hago esta distinción debido a que en el ámbito de la física contemporánea es posible (y muy frecuente) interpretar la teoría usando el principio de incertidumbre de Heisenberg y la interpretación probabilista de la función de onda, como el grupo de Copenhague, sin recurrir al principio de complementariedad de Bohr, ya que éste es de carácter conceptual. Sin embargo, en él se encuentra buena parte del corazón filosófico que me interesa.

Asimismo, proporcionaré un panorama epistemológico general del pragmatismo clásico, fuente de inspiración de varias de las tesis que recuperaré, para posteriormente hilarlo con la perspectiva contemporánea de Rorty, y luego unirla con los objetos cuánticos. En ambos casos, seguiré un hilo histórico breve, por un lado, para introducir los planteamientos científicos y filosóficos, y por el otro lado, uno conceptual, con el fin de analizar los argumentos que lo sustentan, tanto en la interpretación como en la crítica epistemológica.

Este texto no pretende ser un material exhaustivo ni del pragmatismo, como perspectiva filosófica, ni de la interpretación de Copenhague. De hecho, el material que aquí uso fue desarrollado durante mi tesis doctoral, y desde entonces he descubierto y explorado un conjunto de escritos que en ese momento no abordé. Adicionalmente, sólo estoy analizando el origen de la teoría y su *espíritu* interpretativo, pero muchos problemas y respuestas posteriores que han sido desarrollados

desde entonces quedarán fuera de este análisis (EPR, la no-localidad, el teorema de Bell, la teoría de variables ocultas y un largo etcétera), con excepción de algunos argumentos y explicaciones puntuales en tales polémicas que me serán de utilidad en el último capítulo.

He elegido los elementos de este *espíritu* interpretativo que me permiten mostrar un tejido plausible; sin embargo, con ello no quiero decir que Copenhague, Bohr o Heisenberg son pragmatistas, y tampoco que el pragmatismo es la interpretación 'correcta' de la teoría cuántica. Obedezco, más bien, a una sugerencia de carácter rortiano sobre la deseabilidad y conveniencia de mi lectura, sobre todo con el fin de deshacernos de algunas problemáticas filosóficas que desde dicha perspectiva resultan poco fructíferas y, en esa medida, prescindibles, además de adoptar un talante cultural menos cientificista.

Por ello, este no pretende ser un libro muy técnico sobre mecánica cuántica ni sobre epistemología; intentaré evitar cuestiones excesivamente técnicas al respecto sin perder la rigurosidad de las elaboraciones en uno u otro planteamiento. Mi propósito es que mi narrativa y análisis se encuentren en esa región borrosa entre ambas, pero que sean asequibles en términos de la física para filósofos o interesados en cuestiones filosóficas, y de filosofía para los científicos o interesados en cuestiones científicas. Lo que me propongo, en suma, es hacer una propuesta que resulte sugerente e interesante de cómo podemos ver los objetos cuánticos que se describen a finales de 1927, y qué lección sobre la ciencia podemos obtener de ella, no de cómo es necesario o imperativo que los veamos. Tengo la sospecha de que esta lectura y sus implicaciones pueden resultar algo escandalosas para cualquiera que tenga una perspectiva 'dura' de la ciencia, pero he decidido arriesgarme.

Quiero agradecer a las tres personas que marcaron mi formación como filósofa de la ciencia: Pepe Marquina, Juan Antonio Valor y Ana Rioja. A Ramón del Castillo por mostrarme una cara de la filosofía tan aguda, divertida y provocadora, y tan en contra de la pureza. A Fernanda Samaniego y Javier Serrano por haberme leído; por sus sugerencias para mejorar este trabajo. A CONACYT por haber financiado mi proyecto

doctoral y a la Universidad de Guadalajara por financiar este proyecto derivado de él a través de la Maestría en Estudios Filosóficos. A mi familia y amigos en todas las ciudades en las que me han querido, especialmente la tapatía.

# El origen de la mecánica cuántica y la interpretación de Copenhague

El nacimiento de la teoría cuántica ha sido relatado en numerosos textos, tanto técnicos como divulgativos. En este caso, proporcionaré un panorama general de la física del siglo XIX, para luego resumir los eventos históricos más significativos en los que comenzaron a aparecer las hipótesis cuánticas. No daré una explicación exhaustiva de dicha historia, que ha sido suficientemente contada y analizada;[1] sólo intentaré reconstruir de forma general el proceso por el que comienzan a permear las hipótesis cuánticas, primero para "resolver" problemas puntuales de la física clásica, y luego para construir una teoría nueva con unos principios de realidad distintos a la teoría clásica.

## La física a finales del siglo XIX

A finales del siglo antepasado la física utilizaba dos conceptos centrales para dar cuenta de los fenómenos de la materia y la luz: "partícula" y "onda", respectivamente. En términos generales, las partículas se conciben como entidades puntuales que tienen una posición y una velocidad, y las ondas como entidades extendidas que se propagan en el espacio. Para los científicos, estaba claro que la materia estaba constituida de partículas y la radiación de ondas electromagnéticas. Cada una de ellas

---

[1] El libro de Kumar (2011) es una reconstrucción histórica general, muy bien contada y conceptuamente accesible.

presentaba propiedades y comportamientos diferentes que, a su vez, eran descritos por la mecánica clásica y la teoría electromagnética. Así, se trataba de componentes separados de la realidad, cada uno con sus principios y experimentos, si bien estos pueden interactuar de distintas formas, como lo mostraba, por ejemplo, la termodinámica.[2]

Ahora bien, tanto las características de dichos conceptos como su comportamiento obedecían a un conjunto de descripciones asentadas en la física clásica que servían como premisas de toda teoría física. Por un lado, la física clásica constituye un marco en el que los sistemas existen y evolucionan de forma continua en el tiempo y espacio. Además, todo objeto en un sistema tiene propiedades definidas, sean éstas observables o no. De tal forma que dichos sistemas (y sus objetos) pasan por estados únicos y definidos (por ejemplo, una partícula no puede tener dos posiciones en el mismo instante, pero tendrá una posición definida en cada momento). Finalmente, dentro de este marco de descripción se considera que el comportamiento de los sistemas clásicos está sometido al principio de causalidad (determinista), mediante el cual, si conocemos las condiciones iniciales de un sistema, podemos predecir su comportamiento en todo instante futuro.[3]

Por otro lado, toda observación en la naturaleza supone una interacción entre el objeto observado y el instrumento de observación o medida. Esta interacción en física se conceptualiza como un intercambio de energía entre objeto e instrumento. No obstante, debido a la continuidad de la evolución del sistema, se puede considerar que esta interacción puede ser reducida de manera arbitraria, tanto como se quiera hasta llegar a ser despreciable. Lo anterior permite suponer que el sistema no es perturbado por el proceso de medida, o que se trata de un sistema

---

[2] Una parte particularmente relevante de la termodinámica es la interacción entre materia y radiación, por ejemplo, cuando hacemos incidir luz sobre algún material.

[3] Por ejemplo, para un sistema definido por su posición (x) y su velocidad (v), conociendo estas variables del sistema en un instante (t), y las fuerzas a las que es sometido, es posible deducir el estado del sistema en todo momento.

cerrado. Lo cual, a su vez, lleva a la conclusión de que las propiedades que se observan son independientes de la medición, y ésta se puede aproximar tanto como los instrumentos lo permitan. Aunque se trata de una idealización, es válida en la medida en que la interacción se considera calculable, controlable y, por tanto, eliminable en principio (Rioja, 1992: 258-9).

En resumen, podemos decir que los sistemas físicos clásicos tienen una existencia continua en el espacio y el tiempo, además de propiedades con valor siempre definido y único, con independencia de los procesos que se realicen en ellos para obtener la información de su estado. Asimismo, se encuentran sometidos al principio de causalidad, lo cual supone una conexión en la historia de los procesos que permite predecir su comportamiento en el futuro.

Finalmente, como hemos dicho, en este marco de descripción la teoría newtoniana y la electromagnética establecía las leyes que proporcionaban descripciones y predicciones de la materia y la energía. La mecánica newtoniana está dividida, a su vez, en cinemática, que corresponde al estudio del movimiento en función de sus coordenadas espacio-temporales, y la dinámica, que estudia el movimiento en función de sus causas (fuerzas).

Las suposiciones para estudiar el movimiento —que evolucionaron en el modelo del materialismo mecanicista— tienen su origen en la ciencia de los siglos XVII y XVIII, y conciben a los cuerpos como puntos geométricos dotados de masa que se mueven en el espacio y en el tiempo. La exactitud con la que se puede localizar un cuerpo depende de la exactitud con la que puedan ser medidas sus coordenadas. Así, los cuerpos describen trayectorias continuas en el espacio y el tiempo entre dos instantes cualesquiera. Ahora bien, además de la localización espacio-temporal, el movimiento debía tener una causa externa, puesto que la materia es inerte. En la teoría newtoniana la causa del movimiento es una fuerza que actúa sobre la materia y que cambia su estado inercial de reposo o movimiento uniforme. Esta fuerza constituye el estado dinámico del cuerpo y las magnitudes que lo miden son la energía (E) o

cantidad de movimiento (mv). De tal forma que la dinámica newtoniana relaciona los movimientos con las fuerzas que los producen en función de cambios de energía o momento de los cuerpos, es decir, de sus variables dinámicas. El hecho de que un sistema se considere aislado o cerrado implica que la energía total del sistema se conserva, y esta condición permite determinar los cambios de energía y momento del sistema.

En síntesis, la mecánica newtoniana describe los movimientos de los objetos en el marco espaciotemporal de forma continua, y su evolución dinámica aplicando los principios de conservación de la energía o la cantidad de movimiento. Asimismo, podemos obtener todas las variables cinemáticas debido a que el marco espacio-temporal es independiente de los movimientos que se realizan en él. Es decir, podemos ignorar las causas al medir la posición o el tiempo. De esta manera, las magnitudes dinámicas no afectan a las magnitudes cinemáticas, lo que permite que se midan y calculen de manera independiente. Por tanto, la caracterización exhaustiva del sistema se hace justamente mediante su determinación cinemático-dinámica. Dicho de otro modo, la determinación espaciotemporal y de la variación de energía o momento pueden realizarse de manera simultánea sin que una medición altere la otra. Si se considera el sistema cerrado, el uso de estos principios permite la determinación de sus estados futuros tanto para su localización como para su evolución dinámica.

Por otro lado, la teoría electromagnética desarrolló su propio marco explicativo. La teoría ondulatoria de la radiación usa el modelo de ondas, como hemos dicho, entendidas como movimientos vibratorios que se propagan en el espacio. Es decir, una onda es un lugar geométrico, una región donde la luz llega simultáneamente. La energía de las ondas electromagnéticas se define a partir de la noción de "campo" que se propaga en el espacio vacío, justamente en forma de onda. Así, las ondas se caracterizan por tener una longitud y frecuencia de vibración u oscilación; al mismo tiempo, el campo es caracterizado por su intensidad y dirección, donde la primera es proporcional con la energía del campo. La

teoría que explica los fenómenos electromagnéticos en estos términos es la de James C. Maxwell,[4] a partir de funciones de onda que obedecen al principio de superposición: cuando dos o más ondas de la misma naturaleza viajan y pasan por un punto al mismo tiempo, se suman sus amplitudes instantáneas en dicho punto.

En este cuadro general de descripción de finales del siglo XIX, el elemento de continuidad de los procesos físicos en ambas teorías resulta fundamental, pues tal supuesto permitía garantizar la conexión causal entre eventos y, por tanto, el ideal de determinismo y objetividad sobre el que se edificó la física clásica, como dijimos. De esta forma, la independencia del objeto de los medios de observación sustentaba la noción de realidad independiente como dominio de las teorías físicas, y tal supuesto era fácil y plausiblemente extrapolable a todos los niveles de descripción. En definitiva, la continuidad y homogeneidad de la realidad física eran supuestos intuitivos y fácilmente aceptables para describir cualquier nivel de la realidad física. Pero dichos supuestos, unidos al propio sentido común, estaban por entrar en una crisis que llevaría a una de las revoluciones epistemológicamente más grande de la historia de la ciencia.

## La vieja teoría cuántica

Como es bien sabido, la primera hipótesis cuántica fue elaborada por el conocido físico Max Planck para darle solución al problema de la *radiación del cuerpo negro*.[5] En ella, Planck postula que las ondas electromag-

---

[4] Por supuesto que Maxwell no es el único autor de la teoría electromagnética; Faraday, Ampere, Fresnel, entre otros, contribuyeron a la teoría ondulatoria de la radiación. No obstante, Maxwell sintetizó formalmente y completó las ecuaciones que hoy llevan su nombre.

[5] Un cuerpo negro es un objeto teórico o ideal que absorbe toda la luz y toda la energía radiante que incide sobre él. A finales del siglo XIX fue posible medir la radiación de un cuerpo negro con mucha precisión. La intensidad de esta radiación puede, en principio, ser calculada utilizando las leyes del electromagnetismo. El problema consistía en que

néticas absorben o emiten energía de forma discreta, obedeciendo la expresión $E = h\nu$, lo cual entraba en clara contradicción con la naturaleza continua de la radiación en la que se basa la teoría ondulatoria. No obstante, todo indica que Planck sólo consideraba que su *cuantización* de la energía era una hipótesis matemática que resolvía el problema concreto, pero que no estaba comprometido con la existencia de tales entidades discretas.

La hipótesis cuántica de Planck fue utilizada posteriormente en 1905 por Albert Einstein para explicar el efecto fotoeléctrico[6], que no era descrito de forma satisfactoria mediante el uso de las leyes electromagnéticas. Más aún, en este caso, la hipótesis no se restringía al momento de la interacción entre materia y energía, como lo hacía Planck; la hipótesis sobre las entidades que más tarde se denominarán "fotones" tenía un mayor alcance, puesto que la transmisión de la radiación ocurría también de forma discreta. Por lo tanto, Einstein atribuía cierta 'realidad física' a tal comportamiento discreto que no había en Planck.

---

había una discrepancia entre las predicciones teóricas realizadas desde dicha teoría y los resultados experimentales. Para ver el problema y la hipótesis de solución con detalle se puede consultar (Kumar, 2011), y un análisis más técnico se puede encontrar en (Rivadulla, 2002; Cadenas, 2002).

[6] El efecto fotoeléctrico consiste en la aparición de una corriente eléctrica en ciertos materiales cuando estos se ven iluminados por radiación electromagnética. Este fenómeno no tenía explicación en el marco de la teoría clásica. Lo que encontró Einstein fue que dicho efecto depende de efectos cuánticos individuales, es decir, que todo proceso radiante supone la emisión o absorción de cuantos individuales de luz, cuya energía es $E = h\nu$ donde h es la constante de Planck y $\nu$ la frecuencia de las oscilaciones. Es decir, un corpúsculo luminoso choca contra un electrón del material transmitiendo su cuanto de energía, de tal forma que parte de esa energía la usa el electrón para vencer la fuerza con la que se encuentra unido al núcleo, y el resto será utilizada en aumentar su energía de movimiento o energía cinética, lo que determina la velocidad con la que se aleja del núcleo.

El siguiente momento históricamente significativo en el que reaparecieron este tipo de hipótesis fue por el año de 1913, en el que el físico danés Niels Bohr intentaba dar cuenta de la estabilidad de la materia. Hasta ese momento, el científico neozelandés Ernest Rutherford (1911) había propuesto, como resultado de sus experimentos, un modelo de átomo que situaba la carga positiva y la mayoría de la masa en una pequeña región central de éste, a la que denominó "núcleo", mientras que la carga negativa, que era de igual magnitud y signo opuesto, se encontraba formando una nube de electrones que rodeaba el núcleo, integrando un átomo eléctricamente neutro. Sin embargo, si los electrones giraban alrededor del núcleo, se trataba de cargas eléctricas aceleradas que, de acuerdo con las leyes electromagnéticas, debían emitir energía y al perderla debían precipitarse en espiral sobre el núcleo, por lo cual el átomo debía colapsar inevitablemente (Gribbin 1986:27). Pero estaba claro que ello no ocurría porque el átomo es eléctricamente estable, y por tanto, había una clara contradicción entre las ecuaciones de Maxwell y la estabilidad del modelo de Rutherford.

Para dar respuesta a este problema, Bohr echó mano de la espectroscopia, en la que interactúan, de nuevo, materia y radiación. Para entonces ya se sabía que los átomos estimulados con calor o con un voltaje determinado emitían un espectro de radiación, pero éste no era continuo, sino que sólo emitía ciertas líneas coloreadas y discontinuas correspondientes a ciertas frecuencias características de esos elementos. Es decir, se sabía que cada elemento químico tenía sus propias rayas espectrales que variaban en intensidad de acuerdo con la temperatura, pero se desconocía la razón de su discontinuidad.[7] Si el átomo radiaba energía continua (en forma de onda), ¿por qué el espectro tenía franjas

---

7 En 1886 Johan Balmer había encontrado la fórmula para designar la serie espectral del hidrógeno que es particularmente simple. Esta fórmula proporciona la frecuencia de la raya siguiente en el espectro, y era ya conocida por los físicos de la época (Gribbin, 1986: 45). Cuando Bohr se puso en contacto con los hallazgos de Balmer encontró una guía para dar cuenta de la estabilidad de la materia.

discretas? Bohr conectó esta discontinuidad con la hipótesis de Planck, y propuso un modelo atómico en el que el átomo emite o absorbe energía con una frecuencia precisa y discreta. Tal explicación daba cuenta del carácter discreto del espectro, pero, sobre todo, de la estabilidad del átomo.

Bohr señalaba años más tarde: "En la primavera de 1912 me convencí de que la constitución electrónica del átomo de Rutherford estaba gobernada por el cuanto de acción" (en Moore, 1996: 43). Así, Bohr ensambló diferentes ideas para construir un modelo atómico en el que partía de la imagen del átomo como un sistema solar, obedeciendo las leyes de la mecánica clásica y el electromagnetismo, pero con hipótesis adicionales derivadas de este elemento de discontinuidad o cuantización de la energía que recuperaba de Planck.

Estas hipótesis estaban establecidas en dos postulados. El primero decía que los electrones orbitaban obedeciendo las leyes clásicas del movimiento en cada órbita, pero ignoraban la física newtoniana para *elegir* posibles órbitas. Sólo determinados estados estacionarios discretos eran órbitas posibles para el electrón girando alrededor del átomo. Estos estados eran estacionarios (estables) porque los electrones parecían ignorar la electrodinámica de Maxwell orbitando sin radiar y sin colapsar al núcleo, como lo harían clásicamente. Entonces, la órbita del electrón y, por tanto, su energía permanece constante, aunque el movimiento sea acelerado (ya que cambia de dirección). En suma, el electrón está girando alrededor del núcleo en órbitas estables que no emiten ni absorben energía, pero su energía no puede tener cualquier valor, sino que está cuantificada o seleccionada en niveles discretos que establece el postulado cuántico de Planck ($E = h\nu$, donde h es la constante de Planck y $\nu$ la frecuencia).

El segundo postulado establecía que los electrones cambian de órbita al absorber o emitir energía, pero de nuevo, con frecuencias definidas obedeciendo la misma expresión $E = h\nu$, o múltiplos enteros de ésta. Lo anterior significa que la radiación ya no se debía a un movimiento acelerado de cargas, como en la teoría electromagnética, sino al mencionado

*salto*, entre niveles de energía, que implica una discontinuidad en su trayectoria espacio-temporal.

Así, los electrones se mantienen girando alrededor del núcleo en una misma órbita, porque no pueden emitir o absorber energía continuamente o con cualquier valor. Un electrón sólo absorbe o emite energía en forma de cuantos o “paquetes” que poseen una energía determinada por $E = h\nu$ y sus múltiplos enteros. Si se absorbe pasa a un nivel de energía superior, y al volver a su estado original ha de radiar exactamente la misma energía, mas nunca puede absorber o emitir fracciones de estas cantidades. Por lo tanto, la energía tiene un carácter discreto, y la constante de Planck (h) es la que determina tales unidades energéticas, lo que claramente contrasta con la naturaleza continua de la energía en la física clásica, en la que ésta puede tomar cualquier valor.

Este modelo implicaba que el átomo era eléctricamente estable y, por tanto, explicaba la estabilidad de la materia y, a su vez, la transición entre estados correspondía a las franjas discretas del espectro. De modo que las medidas de las frecuencias de las franjas espectrales del átomo de hidrógeno proporcionaron los niveles de energía de dicho átomo, pues éstas suministraban la información acerca de la diferencia de energía entre los diferentes niveles. En palabras de Bohr:

> Esta idea, que permitía identificar el producto de la constante de Planck por cualquiera de los términos espectrales con la energía de enlace de los electrones en el correspondiente estado estacionario, ofrecía también una sencilla explicación de la relación aparentemente caprichosa entre las rayas de emisión y de absorción de los espectros de series, puesto que en las primeras asistimos a transiciones desde un estado excitado del átomo a otro de menor energía, mientras que en la segunda nos enfrentamos con un proceso de transición, generalmente desde el estado fundamental de menor energía a alguno de los estados excitados (Bohr, 1970: 47).

En 1913, el primer triunfo del trabajo de Bohr consistió en la explicación satisfactoria del espectro de luz del átomo de hidrógeno

(un electrón girando alrededor del núcleo atómico con un protón), el más simple de los elementos, el cual parecía susceptible de extenderse hasta otros átomos más complicados. Bohr publicó en ese año una serie de artículos en los cuales explicaba su teoría sobre el átomo (Gribbin, 1986: 103).

No obstante, cuando su mentor Rutherford leyó su primer artículo que llevaba por título "On the Constitution of Atoms and Molecules", señaló de manera inmediata algunas de las dificultades que enfrentaría la teoría atómica durante los siguientes años, y para las cuales no se tenía respuesta. Entre ellas afirmaba Rutherford: "Me parece que aparece en tu hipótesis una gran dificultad, la cual estoy seguro has comprendido ya, a saber, ¿cómo es que un electrón decide la frecuencia con la que ha de vibrar y cuándo pasa de un estado estacionario al otro? [...]" (Moore, 1996: 59).

Ese mismo año Bohr publicó las dos siguientes partes de su artículo. Y en 1915 publicó uno más con el título "On the Quantum Theory of Radiation and the Structure of the Atom". En él no hubo cambio en su imagen básica del átomo, pero consiguió ser más específico respecto de los estados atómicos afirmando que *1)* Un sistema atómico posee un número de estados en los cuales no hay emisión de energía o radiación, incluso si las partículas están en movimiento relativo unas con otras, y estos son los estados estacionarios. *2)* Cualquier emisión o absorción de energía corresponde a la transición entre dos estados estacionarios.

Las hipótesis de Bohr mostraban una relación entre algunos hechos como los espectros descritos por las series de Balmer del hidrógeno[8], el modelo de Rutherford sobre la estructura atómica o la estabilidad de la materia, pero también violaban la física clásica. Por un lado, el concepto de órbita se basa en la física clásica, en la idea de trayectoria continua. Por otro lado, los estados estacionarios de los electrones correspondían a cantidades fijas de energía provenientes del postu-

[8] Las series de Balmer proporcionan una fórmula matemática para calcular las líneas del espectro del hidrogeno y existen series también para otros elementos.

lado cuántico, el cual contradecía los procesos de continuidad de los procesos físicos asentada en la propia teoría clásica, y con ellos la idea de trayectoria en las transiciones de estados (la idea básica de que el electrón se moviera de forma continua de una órbita a otra). Adicionalmente, las frecuencias del modelo de Bohr no correspondían, como indica la física clásica, con un movimiento oscilatorio dentro del átomo, sino a la diferencia entre dos movimientos o niveles de energía. Es decir, el átomo obedecía las leyes de Newton mientras giraba alrededor de su órbita sin radiar, y obedecía a la cuantización, que implicaba un cambio instantáneo de energía y, por tanto, una discontinuidad espaciotemporal, cuando cambiaba de órbita absorbiendo o emitiendo energía. Asimismo, se explicaban las franjas de los espectros atómicos asociándolas con las frecuencias cuantizadas, pero no se explicaba la intensidad y la polarización[9] de la luz emitida por los átomos cuando sus electrones cambiaban de órbita, para lo cual se recurría al electromagnetismo clásico.

En definitiva, se trataba de un modelo donde se mezclaban elementos clásicos y cuánticos, donde el mecanismo de emisión y absorción de energía era un enigma; no se explicaba cómo o por qué sucedía. El átomo de Bohr era un sistema híbrido (*ad-hoc*) que no cabía consistentemente en las teorías aceptadas, pero al mismo tiempo era exitoso en problemas particulares que resultaban cruciales, por lo que proporcionó una vía de transición hacia la mecánica cuántica.

A pesar del éxito del modelo atómico, el progreso para aclarar los fenómenos atómicos fue muy lento. No sólo porque no existía una explicación consistente con la mecánica clásica sobre los postulados cuánticos de dicho modelo, sino también porque dicho modelo no era del todo preciso; como ya dijimos, no explicaba la intensidad ni la polarización, y tampoco explicaba por qué aparecían menos franjas espectrales de las permitidas por las restricciones cuánticas. Adicionalmente, los

[9] Es cuando el campo eléctrico oscila en un plano determinado y no en todas las direcciones normales a la dirección de propagación de la onda.

postulados servían sólo para el átomo de hidrógeno, pero eran incapaces de explicar otros átomos más complejos.

En este contexto, la vía explicativa de Bohr comienza a extenderse a más condiciones, y es el físico Arnold Sommerfeld quien se da cuenta de que una única condición de cuantización resultaba insuficiente para explicar los espectros. Poco a poco se fueron estableciendo más reglas de cuantización, y estas reglas implantaban más restricciones para las transiciones entre estados, es decir, había transiciones prohibidas. En suma, se fueron asignando un conjunto de números cuánticos que instauraban las restricciones en diversas variables como propiedades del átomo para poder predecir las observaciones. Sin embargo, dichas reglas resultaban arbitrarias, debido a que no tenían justificación teórica que explicara la razón de las transiciones prohibidas entre los estados atómicos.

Por otro lado, en 1916, Einstein modeló mediante la teoría de la probabilidad los estados de energía individuales, y calculó la probabilidad de que un átomo se encontrara en un estado de energía correspondiente a un número cuántico particular. Para ello usó una anlaogía entre la desintegración radioactiva, que había sido abordada de esta forma previamente, y las transiciones de estado. Fue así que obtuvo unas fórmulas estadísticas generales que regían la aparición de los *saltos* de una órbita a otra, cuya probabilidad de emisión o absorción resultó proporcional a la intensidad de las líneas espectrales. Además, se estableció que dichos procesos ocurrían no sólo cuando el átomo estaba en un campo radiante, sino que había emisiones espontáneas que corresponden a una probabilidad preestablecida (Bohr, 1964: 44).

De esta forma se extendió el modelo de Bohr, aduciendo la explicación de que algunas rayas son más pronunciadas o intensas que otras ya que algunas transiciones entre estados energéticos son más probables. Pero no sabían el porqué de este hecho. No existía una razón fundamental por la que la desintegración radiactiva o las transiciones atómicas ocurrieran en momentos particulares, es decir, parecían debidas al azar. Un electrón no descendía de un nivel a otro por alguna razón concreta, sólo se sabía que el nivel más bajo es el más deseable estadísti-

camente porque es más probable que esté en él, pero no se podía predecir el cambio con exactitud, dado que ningún agente externo empuja al electrón o señala el tiempo de la transición (Gribbin, 1986: 47).

A pesar de estos avances, la situación era confusa. De acuerdo con las reflexiones posteriores del físico alemán Werner Heisenberg, en ese momento las preguntas se relacionaban con las "extrañas condiciones de los diferentes resultados": ¿cómo puede ser que la misma radiación que produce fenómenos ondulatorios produzca también el efecto fotoeléctrico, como había dicho Einstein y, en consecuencia, deba consistir en partículas móviles? ¿Por qué las frecuencias de movimiento del electrón en el átomo no se manifiestan en la frecuencia emitida? ¿Es que no existe dicho movimiento? Y entonces ¿qué sucede con los electrones dentro del átomo si fuera de él no observamos su movimiento? Siempre se concluía que el intentar describir los fenómenos atómicos en los términos tradicionales de la física conducía a contradicciones (Heisenberg, 1959: 22).

Adicionalmente, el contexto histórico tampoco facilitaba la situación: la Primera Guerra Mundial había entorpecido las investigaciones, y aun después de ella los científicos alemanes y austriacos no fueron invitados a las conferencias internacionales durante varios años. Por tanto, la cooperación y comunicación entre la comunidad científica se vio interrumpida. En general, la ciencia había perdido su cosmopolitismo.

### *El principio de correspondencia*

Durante estos años, debido a la ausencia de una base teórica para las cuantizaciones en el contexto de la física clásica, los físicos recurrieron a un procedimiento heurístico establecido en el principio de correspondencia, que permitía tender un puente entre la teoría clásica y las hipótesis cuánticas, por lo que resultó un instrumento conceptual indispensable para avanzar en el tratamiento de los problemas cuánticos.

Dicho principio estaba basado en el supuesto fundamental de que las hipótesis cuánticas, al menos en su formalismo, contienen como caso límite a la mecánica clásica. Esta idea fue expresada en un inicio por

Planck en 1906, al mostrar que cuando la constante de Planck (h) tiende a cero o se hace muy pequeña, en el límite, las conclusiones de la teoría cuántica convergen con los resultados clásicos. En este caso, podemos interpretar que la cuantización se hace tan pequeña, que resulta despreciable y nos aproximamos a la continuidad, es decir, al caso clásico.

Posteriormente, en 1913, Bohr expresa una idea parecida en su primer artículo. Ahí se refiere al hecho de que cuando la frecuencia de su modelo se aproxima a cero, se obtiene el mismo resultado clásico. Es decir, la diferencia de energía se hace arbitrariamente pequeña, y podemos considerar que en el límite la energía es continua. Ya en un artículo de 1918 titulado "On the Quantum Theory of LineSpectra", Bohr establece el principio formalmente, cuando afirma que la electrodinámica clásica no puede aplicarse a los estados estacionarios de su modelo, pero que se puede obtener una aproximación muy cercana usando la ley de Coulomb y los métodos de la mecánica clásica (Waerden, 1968: 5). Además, en este artículo expresa su expectativa de que toda teoría futura sea una generalización de la teoría clásica de la radiación y, en este sentido, siga siendo válido este principio.

Así, el principio de correspondencia constituía una analogía formal de valor heurístico que permitía usar la teoría clásica para completar y dar guía a las descripciones cuánticas, puesto que éstas carecían de sus propios fundamentos teóricos. Esta función le dio un papel fundamental para recorrer el camino que llevaría a la nueva teoría cuántica.

Lo que me gustaría resaltar aquí es que el principio fungía como un instrumento que permitía conectar la teoría clásica con la cuántica, a través de una aproximación formal, y guiar la práctica de los científicos al saber que sus hipótesis cuánticas en el límite convergían a la teoría clásica, a pesar de tener perfectamente claro que ambas teorizaciones entraban en franca contradicción. En palabras de Bohr: "El principio de correspondencia se presenta como la expresión de una tendencia a utilizar el desarrollo sistemático de la teoría cuántica, y a pesar del antagonismo esencial de las dos teorías, todos los aspectos de las teorías clásicas convenientemente modificados" (Bohr, 1988: 83).

De esta forma, durante las primeras décadas del siglo XX hubo diversas contribuciones centradas en dos acontecimientos: la aparente naturaleza discontinua de la radiación que entraba en contradicción con el modelo continuo ondulatorio de la teoría electromagnética (como el problema del cuerpo negro y el efecto fotoeléctrico), y la posibilidad de construir un modelo para el átomo consistente y satisfactorio. Si bien se realizaron avances significativos en los sentidos que hemos descrito en el apartado anterior, existían numerosos huecos y contradicciones en las explicaciones, es decir, no había una estructura teórica consistente que explicara el conjunto de hipótesis aisladas que daban cuenta de las observaciones realizadas. Este conjunto de hipótesis es lo que históricamente se ha denominado "la vieja teoría cuántica".

En síntesis, la vieja teoría cuántica se conformaba por un conjunto de suposiciones en las cuales cada problema tenía que ser resuelto primero en términos clásicos, y posteriormente dicha solución era modificada con las condiciones cuánticas utilizando más la adivinanza, el ensayo y el error, que una deducción a partir de principios generales y sistemáticos. La física atómica era en este momento una rama particular de la física clásica que no tenía consistencia lógica ni autonomía conceptual.

Durante estos años, los físicos se fueron acostumbrando a este procedimiento, y aprendieron a evitar algunas contradicciones en casos particulares. Cada experiencia exigía elegir una determinada descripción, pero, como decía el propio físico alemán Werner Heisenberg, no se había podido llegar a un cuadro consistente y general para los procesos cuánticos (Heisenberg, 1959: 22).

### *La nueva teoría cuántica*

Thomas Kuhn en su explicación del cambio científico nos habla de una etapa en la que las anomalías de los paradigmas comienzan a aumentar hasta alcanzar un momento de crisis. Dichas anomalías constituyen casos que no pueden ser satisfactoriamente explicados a partir del paradigma o la teoría que se consideran canónicos o normales en ese mo-

mento. En este sentido, podemos considerar que la multiplicación de las hipótesis cuánticas, durante las dos primeras décadas del siglo XX, constituyen una proliferación de anomalías para la mecánica clásica y el electromagnetismo, puesto que dichas hipótesis, como hemos visto, contradicen supuestos centrales de las explicaciones clásicas. En consecuencia, también podríamos decir que, para principios de la década de 1920, la física clásica entraba en una crisis cada vez más evidente para los físicos involucrados en este tipo de problemas. Por lo tanto, para algunos de ellos se volvía inminente la construcción de un modelo alternativo que incorporara en sus supuestos fundamentales el postulado cuántico de Planck.

### *La mecánica matricial*

Werner Heisenberg en 1920 ingresó a la Universidad de Munich, donde estudió física con Sommerfeld, quien se encontraba dedicado, en ese momento, a la explicación de los espectros emitidos por los átomos. En particular, estudiaba el espectro emitido por un átomo cuando se encuentra en un campo magnético, y algunas de sus líneas se desdoblan en dobletes o tripletes (Efecto Zeeman Anómalo).[10] A su llegada, Heisenberg se vio involucrado inmediatamente en la investigación de la

---

[10] Cuando se obtiene el espectro del átomo de hidrógeno, mientras el gas está dentro de un campo magnético, se observa un desdoblamiento de las líneas que fue analizado por Sommerfeld. Cada una de estas líneas se desdobla en varias y el fenómeno desaparece al desaparecer el campo magnético, por lo que está provocado por la interacción del campo magnético externo y el del propio electrón al girar en su órbita. Este problema se solucionó proponiendo que, para algunas de las órbitas de Sommerfeld, existen varias orientaciones posibles en el espacio que interaccionan de forma distinta con el campo magnético externo. Para ello se creó un nuevo número cuántico magnético. Por tanto, para este momento, para determinar la posición del electrón en el átomo de hidrógeno hay que dar 3 números cuánticos: n, l, m. Al perfeccionar los espectroscopios y analizar los espectros obtenidos por el efecto Zeeman, se comprobó que cada línea era en realidad dos líneas muy juntas. Esto se llamó Efecto Zeeman Anómalo.

teoría cuántica y se propuso encontrar números cuánticos que explicaran el desdoblamiento de las rayas espectrales en dobletes.

Por otro lado, en 1922 Compton ofreció soporte experimental a la hipótesis de Einstein de 1905 sobre el comportamiento corpuscular de la radiación cuando observó colisiones corpusculares de la luz con electrones libres. No obstante, la existencia de interferencias, propias del comportamiento ondulatorio, hacía dudosa tal hipótesis. Adicionalmente, en 1923, los experimentos de C.T.R. Wilson y Bothe de la cámara de niebla[11] proporcionaron evidencia de huellas de la trayectoria de los electrones (Murdoch, 1989: 14). De tal forma que hasta el momento parecía que la radiación presentaba, en algunas ocasiones, un comportamiento corpuscular que resultaba contradictorio con la teoría electromagnética de Maxwell, y que la materia mostraba a veces comportamiento ondulatorio.[12] Aun así, Bohr se resistía a aceptar el comportamiento corpuscular de la radiación e intentaba explicarlo sin recurrir a los cuantos o a un carácter discreto inherente a la radiación, es decir, manteniendo el elemento de continuidad en la transmisión de la radiación, de acuerdo con el modelo ondulatorio de la teoría electromagnética. Con este propósito, intentó conciliar la continuidad del campo electromagnético con la discontinuidad de los procesos de absorción y emisión de energía de su modelo.

Para otoño de 1923, Heisenberg se había doctorado y trabajaba en Göttingen con Max Born, quien ya se había convencido de que había que elaborar una nueva teoría que reemplazara el modelo de Bohr y Sommerfeld. Para ello, Born pensaba en "discretizar" la física atómica de tal mane-

---

[11] Esta cámara se usa para detectar partículas de radiación ionizante. En su forma más sencilla, una cámara de niebla es un entorno cerrado que contiene vapor de agua superenfriado y supersaturado. Cuando una partícula cargada de suficiente energía interacciona con el vapor, lo ioniza. Los iones resultantes actúan como núcleos de condensación, alrededor de los cuales se forman gotas de líquido que dan lugar a una niebla.

[12] Entre 1923 y 1927 los físicos Clinton Davisson y Lester Germer, en Nueva Jersey, observaron por primera vez la interferencia y difracción de partículas.

ra que los *saltos cuánticos* no fueran un postulado *ad ho*c en la teoría, como hemos visto hasta ahora, sino que constituyeran su fundamento. Con este propósito había que reemplazar las ecuaciones diferenciales para procesos continuos por fórmulas para discontinuidades. Para lograrlo, Heisenberg propuso reemplazar la función que describe un sistema mecánico clásico denominado hamiltoniano[13] por su equivalente cuántico (Cassidy, 1992: 169).

Paralelamente, Slater, Kramers y Bohr recuperaron un modelo de 1921 propuesto por R. Landenburg, en el que se trataba al átomo como una selección de osciladores armónicos virtuales[14] y la frecuencia de cada oscilador correspondía a las frecuencias emitidas o absorbidas e intensidades asociadas con cada posible *salto* entre dos estados cuánticos (Cassidy, 1992: 174). Evitando usar el concepto de partícula, trataron las frecuencias observadas y la intensidad emitida o absorbida de la radiación como pequeños osciladores armónicos dentro del átomo. Como resultado, su artículo de enero de 1924 con título "The Quantum Theory of Radiation" intentaba conectar consistentemente los fenómenos ópticos y sus efectos discontinuos en los átomos con la radiación continua. Para ello usaban un campo de radiación virtual propuesto por Slater como una radiación inobservable y sin transmisión de energía que proporcionaba un mecanismo que, a su vez, determina las probabilidades de transición entre estados.[15] La teoría funcionaba bien con el principio de correspon-

[13] El hamiltoniano describe el estado de un sistema mecánico en términos de variables como posición y momento y es la base para la reformulación de la mecánica clásica conocida como mecánica hamiltoniana.

[14] Un oscilador es un sistema capaz de crear perturbaciones o cambios periódicos o cuasi-periódicos en un medio, ya sea un medio material o un campo electromagnético. Se dice que un sistema cualquiera mecánico, eléctrico, etc., es un oscilador armónico si cuando se deja en libertad, fuera de su posición de equilibrio, vuelve hacia ella describiendo oscilaciones sinusoidales en torno a dicha posición estable.

[15] Las transiciones espontáneas de los estados estacionarios eran inducidas por el campo de radiación virtual producido por el átomo, y las transiciones inducidas eran debidas

dencia y las discontinuidades eran transformadas en el comportamiento clásico esperado, moviéndose de los niveles más bajos de energía hasta los más altos donde se alcanzaban valores casi continuos. Sin embargo, la intensidad y polarización de las líneas no tenía explicación, y la conservación de la energía se cumplía sólo a nivel estadístico. Esta fue, en términos generales, la teoría BKS (Cassidy, 1992: 175-186).

A pesar del avance que aparentemente mostraba este modelo, muy pronto la dispersión de electrones por luz o efecto Compton mostró experimentalmente que no se violaban las leyes de conservación en colisiones individuales como predecía la teoría BKS y, con ello, mantener la continuidad de la radiación en forma de ondas, como ésta pretendía, se tornaba imposible (Cassidy, 1992: 194). En definitiva, la discontinuidad o cuantización de la radiación parecía inevitable.

Heisenberg visitó el centro de Copenhague donde trabajaba Bohr en marzo de 1924. A su regreso retomó la idea de los osciladores virtuales para aplicar su idea de la discretización, pero sin la interpretación estadística de los principios de conservación (Cassidy, 1992: 178-9). Durante el invierno de 1924-1925 trabajó en Copenhague con Bohr y Kramers en un artículo que, según Cassidy, fue la cúspide del principio de correspondencia en la física de los osciladores virtuales y el toque final previo a la nueva mecánica cuántica.

En este trabajo ya había afirmaciones remarcables sobre una teoría basada únicamente en cantidades observables, y un desprendimiento de los modelos intuitivos clásicos, lo cual ayudaría a avanzar para encontrar el formalismo adecuado para explicar los fenómenos atómicos en estudio hasta el momento. En palabras del mismo Heisenberg: "La necesidad del desprendimiento de los modelos intuitivos fue enfáticamente establecida y declarada por primera vez para ser el principio rector de en todo trabajo futuro" (Heisenberg, 1968: 351).

Heisenberg volvió de un viaje a las montañas a Göttingen en abril de 1925 para empezar un cuidadoso análisis del átomo de hidrógeno,

---

al campo de otros átomos.

usando las reglas de cuantización de Bohr, pero abandonando la conexión entre osciladores virtuales y orbitales mecánicos del electrón (Cassity 1992: 196). Con esta estrategia, buscaba un modelo matemático consistente, al tiempo que renunciaba a una descripción en términos de representaciones intuitivas y clásicas. De esta forma, reemplazó las órbitas no observadas por una serie ordenada de entidades matemáticas, y con ellas representó la radiación emitida o absorbida por un átomo.

La fabricación de la mecánica cuántica, de acuerdo con la descripción de David C. Cassidy, se puede reducir a tres pasos que Heisenberg fue capaz de dar respecto a la vieja teoría cuántica (Cassidy, 1992: 197):

- Reinterpretó las ecuaciones de la cinemática del espacio-tiempo clásico como fórmulas no clásicas en mecánica cuántica, haciendo uso de propiedades observables de radiación emitida por osciladores armónicos virtuales.
- Propuso un criterio positivista de observabilidad de las cantidades como postulado básico de la teoría: los conceptos e imágenes que no se correspondan con hechos físicamente observables no deben ser usados en la descripción teórica.
- Finalmente, eliminó la imagen de las órbitas mecánicas (porque no eran observables), es decir, la descripción espacio-temporal del sistema reemplazándolas con lo que llegaron a ser los elementos matriciales.

Este proceso epistemológico le permitió derivar las energías de los estados estacionarios cuánticos, considerando la conservación total de la energía del sistema y aplicando una nueva regla de multiplicación de las expresiones clásicas correspondientes. Representó las cantidades físicas como conjuntos de números complejos y resolvió el problema del oscilador armónico, con lo cual obtuvo las energías de los osciladores que coincidían con las observaciones. Como resultado, este procedimiento, en lugar de describir el movimiento de los electrones a partir de una coordinación espacio-temporal (lo que exige describir la órbita), se de-

bía determinar con una colección de probabilidades de transición, y el punto crucial es que encontró una regla para establecer una selección determinada.

El artículo donde presentó estos resultados lleva por título "Quantum-Theoretical Re-interpretation of Kinematic and Mechanical Relations" donde dice: "El presente artículo busca establecer una base teórica para la mecánica cuántica fundada exclusivamente en relaciones entre cantidades que son en principio observables" (Heisenberg, 1968: 261-2).

Heisenberg reinterpretó las condiciones de cuantización, característica fundamental de la teoría Bohr-Sommerfeld, de tal forma que sólo las amplitudes y frecuencias de Fourier permanecieron en sus ecuaciones. Así, hasta aquí el logro del nuevo esquema era su reducción de las interacciones entre el átomo y el mundo exterior a las probabilidades de transición expresadas por las amplitudes de Fourier.

El físico Max Born, en Göttingen, pronto se dio cuenta de que la nueva regla encontrada por Heisenberg para multiplicar amplitudes correspondía con el álgebra de matrices. Así, haciendo uso de este nuevo método iniciado, Heisenberg, Born y Pascual Jordan, su asistente, sembraron los fundamentos de la mecánica matricial. En primer lugar, interpretaron la multiplicación que Heisenberg usó como una operación matricial, de tal forma que toda variable y función de la mecánica clásica era reinterpretada por una matriz cuántica que, junto con los principios cuánticos, permitía derivar cantidades observadas o medidas. No obstante, este procedimiento involucraba métodos matemáticos que no eran familiares para la física de ese momento.

Posteriormente, Born y Jordan construyeron la matriz del hamiltoniano, la función que controla el movimiento del sistema, de acuerdo con el formalismo ya desarrollado de la mecánica clásica. Esta función es equivalente a la energía total del sistema en función del momento (p), la posición (q), y si se elige así, del tiempo (t). Dicha matriz era expresada como una función de las correspondientes matrices para el momento y la posición. De tal forma que algunos pares de variables, conoci-

dos como variables canónicamente conjugadas en el formalismo clásico, mostraban una relación especial de conmutación pues: pq–qp = (h/2π) I, donde h es la constante de Planck, I es la matriz identidad, e i es la unidad imaginaria equivalente[16] a √-1. Esta es la relación mecánico cuántico fundamental, que muestra que dichas variables no conmutan como en el álgebra de los números reales (donde pq-qp = 0), y esto traería algunas de las consecuencias físicas más desconcertantes de la mecánica cuántica.

Born y Jordan mostraron que, para pares de estas variables canónicamente conjugadas, la matriz del hamiltoniano tiene todos sus elementos igual a cero excepto aquellos que se encuentran en la diagonal de la misma[17]. Los elementos de la diagonal resultan ser justamente las energías de los estados estacionarios del sistema, la energía de tales matrices se conserva y los *saltos* entre estados que conllevan una emisión o absorción de cuantos de energía son las diferencias de energía entre estados, como en el postulado de Bohr. De esta forma, aparecían en el formalismo la conservación de la energía, las energías de los estados estacionarios, y la condición para la frecuencia de Bohr, lo cual parecía indicar que la teoría estaba correctamente fundamentada y contenía las nuevas leyes de la física cuántica (Cassidy, 1992: 205).

En noviembre de 1925 presentaron Born, Heisenberg y Jordan la generalización de este nuevo formalismo para n grados de libertad en el famoso artículo de los tres hombres "On Quantum Mechanics II". Este artículo contenía los postulados básicos de la física cuántica, la existencia de energías de estados estacionarios discretos en los átomos y tran-

---

16 En álgebra lineal, la matriz identidad es una matriz que cumple la propiedad de ser el elemento neutro del producto de matrices. Esto quiere decir que el producto de cualquier matriz por la matriz identidad no tiene ningún efecto. Asimismo, las variables canónicamente conjugadas son la posición y la velocidad, o energía y tiempo, de acuerdo al formalismo de Hamilton.

17 Diagonalizar una matriz es equivalente a resolver un sistema de ecuaciones expersados por la misma.

siciones entre estados acompañados de absorciones y emisiones. Además, permitía el cálculo o descripción en principio de cualquier sistema periódico, como el átomo, haciendo uso de una analogía muy cercana a la mecánica clásica.

Las propiedades que previamente habían resultado tan misteriosas ahora eran resultado de nueva mecánica, pero éstas sólo estuvieron completas cuando se agregó el concepto de espín por parte de Pauli y un tratamiento relativista del electrón; la idea de que los electrones "rotan" en su propio eje con un momento angular fraccionario. La invención y aceptación de esta propiedad, que había dado lugar al cuarto número cuántico, facilitó las aplicaciones prácticas de la nueva física, y resolvió muchos de los enigmas de la espectroscopia atómica (Cassidy, 1992: 206-7).

De esta forma, la mecánica matricial se convirtió en el primer método general, lógicamente consistente, para resolver problemas mecánico-cuánticos. Para ello, Heisenberg había construido una aproximación conceptualmente distinta a lo que se había desarrollado hasta entonces. Como hemos señalado ya, la clave de su desarrollo consistió en abandonar la descripción del movimiento en términos de la física clásica y reemplazarla por una descripción en función de magnitudes observables. Con ello, evitó las nociones clásicas de posición, velocidad o momento, porque no podían ser observadas o medidas, y porque los intentos teóricos que incluían dichas variables habían fracasado hasta el momento. Por tanto, sustituyó dichas variables por las de frecuencia e intensidad, que eran las variables medibles. Por ello, podemos decir que la ruptura más radical asumida por el físico alemán radicó en darse cuenta de que el aparato conceptual de la física clásica no era una necesidad categórica.

Como resultado, en la nueva teoría la cantidad observable era representada por un operador algebraico lineal. Los valores propios de dicho operador proporcionaban un conjunto de posibles valores del observable, y dicho rango de valores podía ser continuo o discreto. El operador lineal proporcionaba las probabilidades de ocurrencia de los valores

del observable dentro de un conjunto de observaciones independientes. Este conjunto de observables se definía de tal forma que preservara la continuidad con la teoría clásica, dentro de cierto límite, cuya condición fue dada por el principio de correspondencia (Heelan, 1965: 32-3)

Sin embargo, el nuevo formalismo significaba una ruptura lógica y ontológica completa con el esquema de las descripciones clásicas. Como consecuencia, el principio de correspondencia, aunque permite un arreglo numérico entre la teoría cuántica y la deducción clásica, no era más una convergencia conceptual entre los resultados. Se había fundado un nuevo formalismo y, por tanto, una teoría completamente nueva. No obstante, había problemas que aún no estaban resueltos pues, aunque se obtenían los valores discretos de la energía del átomo y sus probabilidades de transición, existían casos, como cuando el electrón pasaba por la cámara de niebla, donde se observaba la trayectoria de éste. El concepto de estado estacionario no estaba del todo clarificado. En definitiva, el debate en torno a la nueva teoría estaba lejos de ser concluido.

*La mecánica ondulatoria*

Simultáneamente con el surgimiento de la mecánica matricial otro desarrollo conceptual sobre los fenómenos tuvo lugar, pero su punto de partida no era la mecánica de partículas, sino el problema de la naturaleza de la luz.

En su tesis doctoral el físico Louis De Broglie defendió la idea de que, en analogía con su comportamiento corpuscular de la radiación, la materia también presentaba en ocasiones un comportamiento ondulatorio. Para postular esta propiedad de la materia de Broglie se basó en la explicación del efecto fotoeléctrico elaborado por Einstein, el cual sugiere la naturaleza corpuscular de la luz. De acuerdo con éste último, como hemos dicho, en algunas ocasiones la energía transportada por las ondas luminosas estaba *cuantizada*, distribuida en pequeños paquetes de energía o *cuantos* de luz, cuya energía dependía de su frecuencia ($E = h\nu$). De Broglie, usando un argumento de simetría, propuso que una partícula material pudiese mostrar el mismo comportamiento de una

onda. De esta forma, el físico francés relacionó la longitud de onda ($\lambda$) con la cantidad de movimiento de la partícula mediante la fórmula: $\lambda = h/mv = h/p$, donde m es la masa de la partícula que se mueve a una velocidad (v), y (h) es la constante de Planck. A partir de esta ecuación es posible deducir que, a medida que la masa del cuerpo o su velocidad aumentan, disminuye considerablemente la longitud de onda, de tal forma que la ecuación puede ser aplicada a toda la materia. En tal caso, los cuerpos macroscópicos también tendrían asociada una onda, pero dado que su masa es muy grande (comparada con la constante de Planck), dicha onda resulta muy pequeña y, por tanto, sus características ondulatorias son inapreciables.

Como consecuencia, en relación a los átomos, De Broglie afirmó que las ondas asociadas a los electrones en una órbita alrededor del núcleo atómico habían de ajustarse a un número entero de longitudes de onda en cada una de ellas según la expresión: $N\lambda = 2\pi r$, donde r es el radio de la órbita y N un número entero cualquiera, por lo que existían órbitas intermedias prohibidas. Es decir, de acuerdo con el modelo atómico de Bohr, el momento angular está *cuantizado*, y si en dicha *cuantización* se introduce la ecuación propuesta por De Broglie, resulta una expresión donde las órbitas permitidas para el átomo son aquellas cuya circunferencia puede contener un número entero de longitudes de onda de De Broglie.

Así, cuando De Broglie aplica su hipótesis a los movimientos de los electrones en el interior de un átomo consigue hallar una razón para las órbitas cuantizadas de Bohr. Si la órbita del electrón es estable, su onda asociada también lo será; es una onda estacionaria, confinada en un espacio, comparable con las ondas sonoras de las cuerdas de una guitarra. Pero para que las ondas permanezcan estacionarias es necesario que se cierren, volviéndose sobre sí mismas. En consecuencia, la trayectoria de una onda es invariable si su perímetro es igual a un múltiplo entero de la longitud de onda, permitiendo a la onda asociada al electrón encontrarse después de cada recorrido en la misma fase. Las únicas trayectorias que responden a la condición de una órbita estacionaria, en las

cuales las ondas pueden conservarse, son exactamente las órbitas permitidas del modelo atómico de Bohr. Esta mecánica ondulatoria iniciada por De Broglie proporciona una explicación de la selección de órbitas en el átomo, y con ello, el postulado de Bohr deja de ser arbitrario y se convierte en una exigencia lógica impuesta por el carácter estacionario de su onda asociada.

El trabajo realizado por De Broglie le fue presentado a Born por parte de Einstein, y la confirmación experimental de la difracción de electrones, es decir, la aparición de un patrón de interferencia propio del comportamiento ondulatorio, apoyó la hipótesis de la realidad ondulatoria de los electrones.

En el año de 1925 el físico austriaco Erwin Schrödinger, profesor de física teórica en la Universidad de Zurich, leyó los comentarios de Einstein sobre la idea de De Broglie, donde afirmaba que no se trataba sólo de una analogía. De tal forma que Schrödinger retomó la teoría postulada por de Broglie sobre el comportamiento ondulatorio de la materia y se encaminó a construir una mecánica basada en ella.

Su punto de partida a raíz de esta lectura consistió en considerar que los electrones eran ondas de materia cuyo estado podía ser definido a través de una función que describe la evolución de dicha onda.[18] De esta forma, una mecánica de desplazamientos de puntos, como sucede con una partícula, era sustituida por una mecánica ondulatoria que evoluciona en un espacio abstracto de configuración (el espacio matemático de todas las posibles posiciones instantáneas de un sistema mecánico).

La nueva mecánica establecida por Schrödinger propone una ecuación de onda ($\psi$) que representa la evolución o propagación de las ondas. Se trata de una ecuación diferencial parcial de segundo orden con

---

[18] Esta onda no era exactamente como las normalmente usadas para describir las ondas materiales en el agua o el sonido, pero era matemáticamente parecida, apropiándose de los elementos de la física clásica que resultaban convenientes.

sus valores propios.[19] Estos valores representaban las energías de una onda fija en distintos modos de vibración. Schrödinger interpretó estos modos o valores propios como los estados estacionarios del átomo.

El físico austriaco intentó primero aplicar su método al electrón del átomo de hidrógeno, por lo que obtuvo una ecuación general para la propagación de las ondas, conocida como la ecuación de Schrödinger ($\psi$), la cual se convirtió en el elemento central de la nueva mecánica ondulatoria. Esta mecánica era aplicable a la misma clase de problemas que la mecánica matricial (su equivalencia formal fue demostrada por el mismo Schrödinger). Esta contribución del físico austriaco a la teoría cuántica fue publicada en una serie de artículos en la primera mitad de 1926.

Con este nuevo método se obtenía una solución al problema de los niveles de energía del átomo que ahora fungían como *eigenvalores* o valores propios de un cierto operador. De esta forma, se obtenían de forma sencilla las energías de los estados estacionarios del átomo de hidrógeno, explicaba la dispersión de radiación de los átomos, y permitía deducir el efecto Compton. El poder de la nueva mecánica fue obvio de forma inmediata, dado que adicionalmente se podían calcular las líneas de los espectros atómicos y sus intensidades. Como valor adicional, muchos físicos, al estar familiarizados con los métodos de las ecuaciones diferenciales y los problemas de valores propios contenidos en este formalismo, lo preferían por estar fundado en nociones matemáticas más conocidas.

---

19 Una ecuación diferencial parcial es una ecuación que contiene una función desconocida de dos o más variables, y sus derivadas parciales con respecto a dichas variables. El orden es el de la derivada de mayor orden presente en la ecuación. En álgebra lineal, los valores propios, autovectores o eigen valores de un operador lineal son los vectores no nulos que, cuando son transformados por el operador, dan lugar a un múltiplo escalar de sí mismos, con lo que no cambian su dirección. Este escalar recibe el nombre de "valor propio".

Como la ecuación de Schrödinger pertenece a la misma familia de ecuaciones que describen ondas del mundo macroscópico, en sus artículos afirmaba que las ondas de materia reemplazaban la problemática de los electrones de materia discreta o corpuscular, y que los modos de vibración electrónica armónica de las ondas de materia del electrón sustituían los enigmáticos estados estacionarios del átomo de Bohr. Es decir, las transiciones continuas de un modo de vibración a otro sustituían los *saltos* cuánticos entre estados que estaban contenidos en los métodos matriciales que había propuesto Heisenberg (Cassidy, 1992: 212). Así como en una onda de agua la amplitud de la onda corresponde con la altura de la superficie del agua, o en una onda sonora es la fuerza con la que se comprime el aire en las crestas de la onda y cuánto se extiende en los valles, Schrödinger pensó que la amplitud de la onda del electrón correspondería con la cantidad de carga eléctrica que hubiese en el punto del espacio en el que estuviese. Por todo ello pensó que esta teoría haría posible regresar a la descripción determinista de la física clásica y restituir el principio de continuidad de los procesos físicos.

En definitiva, Schrödinger pensó que había eliminado los *saltos* cuánticos entre estados mediante la introducción de las ondas en la teoría cuántica. Como hemos apuntado, él imaginaba las transiciones de un electrón desde un estado de energía a otro como algo análogo al cambio en la vibración de una cuerda de una guitarra cuando pasa de una nota a otra. De esta forma, no solo evitaba la discontinuidad cuántica, sino que lograba una representación más intuitiva de los fenómenos que la que proporciona el abstracto método de matrices. Para poder usar esta interpretación Schrödinger recurrió al concepto de grupo de ondas superpuestas o "paquete de ondas", mediante el cual intentó explicar el hecho de que la carga del electrón estuviera concentrada en una región muy pequeña del espacio, como una partícula (Rioja, 1995a: 254).

Como también hemos visto, la teoría de Heisenberg constituía un cálculo matemático que involucraba cantidades no conmutativas y de cómputo raramente encontradas con anterioridad en la física, lo cual

desafiaba cualquier interpretación intuitiva. Se trataba de una aproximación algebraica que, procediendo de las líneas discretas observadas en los espectros, enfatizaba el elemento de discontinuidad, renunciando a una descripción clásica en el espacio y el tiempo. En contraste, la teoría de Schrödinger tenía como concepto central la onda, perfectamente visualizable. Además, estaba basada en un formalismo familiar de ecuaciones diferenciales, por lo que se trataba de una aproximación analítica que provenía, de alguna forma, de la generalización de las leyes clásicas del movimiento y enfatizaba el elemento de continuidad de los fenómenos físicos.

El mismo Schrödinger en sus artículos contrastaba las diferencias entre ambas elaboraciones. Mientras que la mecánica matricial enfatizaba los elementos de discontinuidad, su preferencia por las cantidades observables y la falta de visualización de los movimientos atómicos, la mecánica ondulatoria intentaba justo lo opuesto: una teoría con énfasis en la continuidad, aunque en un espacio abstracto de configuración y no en el espacio físico de tres o cuatro dimensiones. Sin embargo, como ya anticipamos, ambos formalismos sólo existieron de forma independiente unos meses. En mayo de 1926, el mismo Schrödinger publicó la prueba de su equivalencia. Por tanto, diagonalizar la matriz correspondiente, que era el método de Heisenberg, resultaba equivalente a resolver el problema de valores propios.[20] En palabras de Schrödinger:

> Considerando las extraordinarias diferencias entre los puntos de partida y los conceptos de la Mecánica Cuántica de Heisenberg y la teoría que

---

[20] Las pruebas de equivalencia matemática entre ambos formalismos elaboradas por Schrödinger, Eckart y Pauli son prácticamente similares; pero son incompletas (Muller 1998a y 1998b; Madrid Casado 2006, 2007 y 2008). Es decir, prueban que la mecánica ondulatoria está contenida en la mecánica matricial, pero no el proceso inverso. Von Neumann (1932) construye la primera prueba de equivalencia matemática rigurosa y completa unificando ambas en una Mecánica Cuántica general, cuyo marco matemático es la estructura abstracta que denominó "espacio de Hilbert".

> ha sido designada como Mecánica "Ondulatoria" o "Física", y ha sido descrita aquí, es muy extraño que estas dos teorías nuevas concuerden cada una con la otra con respecto a los hechos conocidos en que difieren la Teoría Cuántica Antigua [...] En realidad esto es muy remarcable, porque los puntos de partida, las presentaciones, los métodos y, de hecho, todo el aparato matemático parecen fundamentalmente diferentes [...] (Schrödinger, 1982: 45).

El físico austriaco creía que la teoría ondulatoria nos devolvía una visualización casi clásica de la física (Cassidy, 1992: 214). Para Schrödinger, el criterio de observabilidad sólo era una muestra de nuestra incapacidad para encontrar las imágenes adecuadas. Pero el problema de la interpretación resultaría más complicado.

## El problema de la interpretación de la teoría cuántica

A finales de 1925, H. A. Kramers, asistente de Bohr en Copenhague, aceptó una cátedra en Utrecht. Esto permitió que Bohr ofreciera su puesto a Heisenberg, el cual accedió y fue contratado en mayo de 1926. A partir de entonces, además de su trabajo en la universidad como asistente de Bohr, se dedicó junto con él a intentar elucidar la situación interpretativa de la mecánica cuántica, siguiendo la prueba de equivalencia de Schrödinger (Cassidy, 1992: 219). Heisenberg tuvo un encuentro con Schrödinger en julio de 1926, cuando asistió a unas charlas en las que éste exponía su teoría e interpretación de la mecánica ondulatoria. A partir de entonces, el físico alemán quedó convencido de que la interpretación ondulatoria del electrón que intentaba restituir el principio de continuidad era incorrecta. Al contrario de la perspectiva de Schrödinger, en Copenhague estaban convencidos de la existencia de las discontinuidades inevitables de los fenómenos atómicos.

Así, de acuerdo con Heisenberg y Bohr, la función de onda como una distribución de carga continua en el espacio, es decir, como una onda electromagnética, presentaba problemas insalvables (Rioja 1995a). En primer lugar, la idea de que el pequeño paquete de ondas en una

región pequeña del espacio permitía explicar la concentración casi puntual de carga eléctrica era poco plausible. Un grupo o paquete de ondas se dispersaría rápidamente en el espacio, sobre todo en colisiones y difracciones, resistiéndose a la localización casi puntual de una partícula como era el caso del electrón. Inclusive suponiendo, como lo hacía Schrödinger, que un oscilador armónico simple mostraba una concentración estable de un grupo de vibraciones, Heisenberg mostró que este caso no era extrapolable en general sin poderse evitar la dispersión de la onda, por tanto, de la carga.

En segundo lugar, durante el proceso de medida la función de onda cambia su configuración, lo que se conocía como la "reducción del paquete de ondas" o "colapso de la función de onda", hecho que resulta inexplicable si se trata de una onda física que se propaga en el espacio de forma continua (Rioja, 1995a: 255). Es decir, en el momento de la observación la ecuación repentinamente deja de ser válida y posteriormente el sistema obedece de nuevo a la ecuación de Schrödinger, pero no podemos seguir usando la misma información.

En tercer lugar, como ya dijimos, la ecuación de onda es una función en un espacio abstracto de configuración que no es el espacio físico, cuyo número de dimensiones depende del número de grados de libertad del sistema (3n dimensiones para n partículas). Asimismo, la función es compleja (incluye números reales e imaginarios), y sólo se atribuye significado físico a los números reales[21] (Rioja, 2002: 138).

Adicionalmente, mencionamos también que en el experimento de la cámara de niebla o de Wilson aparecían los rastros de la trayectoria del electrón y se contaban partículas usando el contador Geiger,[22] lo que re-

---

[21] Los números complejos describen la suma de un número real y uno imaginario (a + bi), donde a es cualquier real y el término bi, responde a un número cuyo cuadrado es un número negativo. Estos puntos representan puntos en el plano, por lo que no están ordenados, y ello dificulta su interpretación física.

[22] El contador Geiger es un instrumento que permite medir la radiactividad de un objeto o lugar. Está formado por un tubo con un hilo metálico a lo largo de su centro.

sulta inconsistente con una explicación ondulatoria de éste. En síntesis, estos argumentos impedían una interpretación como una onda física, por tanto, una interpretación intuitiva de los fenómenos atómicos.

En este contexto, Max Born, en Göttingen, se interesó en estudiar los procesos de colisión de las partículas atómicas y recuperó una interpretación que Einstein había planteado antes, considerando el cuadrado de las amplitudes de la onda electromagnética como una densidad de probabilidad de algún estado. Born consideró que la idea de Einstein podía ser extendida a la función de Schrödinger, y el cuadrado de su módulo $|\Psi|^2$ debía representar la probabilidad de densidad de los electrones. La pregunta que siguió a sus deducciones no fue entonces cuál era el estado preciso de la partícula después de la colisión, como lo habían pensado en un inicio, sino cuál es la probabilidad de un estado finito después de la colisión (Jammer, 1974: 40).

En un artículo sobre colisiones publicado en junio de 1926 con el título "On the Quantum Mechanics of Collisions", Born reinterpretaba las primeras suposiciones de Schrödinger sobre la función de onda. En él afirmaba que no es posible indicar el estado del sistema después de la colisión, sino cuál es la probabilidad de un estado finito después de la colisión (Born, 1983: 54).

Dicho de manera más puntual, cuando se multiplica la función y por su complejo conjugado $\psi^*$ (que sólo difiere en signo), se obtiene una función de densidad que Schrödinger había interpretado como la densidad de la carga eléctrica. En cambio, Born la interpreta no como una densidad de partículas, sino como una densidad de probabilidad de que una onda del electrón sea dispersada en un cierto estado cuántico des-

El espacio entre ellos está aislado, relleno de un gas y con una diferencia de potencial entre el hilo y el tubo. Un ion o electrón penetra en el tubo, desprende electrones de los átomos del gas, y debido al voltaje positivo del hilo central, estos son atraídos hacia el hilo. Al hacer esto ganan energía, colisionan con los átomos y liberan más electrones. De tal forma que el proceso se convierte en una "avalancha" que produce un pulso de corriente detectable.

pués de colisionar con el átomo. Entonces, el cuadrado de la norma o módulo de la función de onda ïΨç$^2$ (que es lo mismo que multiplicarla por su complejo conjugado), no tiene nada que ver con una densidad de materia o de carga en el espacio físico, sino que se refiere a una probabilidad de un estado determinado. Por tanto, la función no describe la propagación de ondas en el espacio, como decía Schrödinger, sino la propagación de probabilidades de encontrar partículas en cierta región del espacio-tiempo (Cassidy, 1992: 224). De tal forma que, por extraño que parezca, el movimiento se comporta según las leyes de probabilidad, pero la probabilidad se propaga siguiendo una función que sigue la ley de causalidad determinista (Jammer, 1974: 40).

Así, la ecuación de Schrödinger se trata de una expresión que nos permite, a través de una manipulación matemática, medir cualquier valor determinado de una propiedad observable de la partícula o sistema atómico. De tal manera que existe una operación concreta que debemos efectuar para saber el momento lineal, por ejemplo, otra para su energía, y así sucesivamente.[23] No obstante, en cada caso lo que obtenemos es el valor medio esperable (probabilidad) de muchas de esas mediciones (Ball, 2018: 36).

Es claro, tal y como Max Jammer afirma, que la interpretación de la función de onda como probabilidad resolvía las dificultades de la interpretación ondulatoria de Schrödinger. El problema de la dispersión del paquete de ondas desaparecía, ya que sólo indicaba la evolución de la probabilidad cuyo valor debe ser no negativo, como sucede con el módulo de la función (que por definición siempre es positivo). De la misma forma, el espacio de configuración y los números complejos de la ecuación no eran más un problema, pues no se trataba de una onda física, sino matemática. Adicionalmente la "reducción del paquete" o "colapso

---

[23] Una vez que se axiomatizó la teoría, dichos axiomas más o menos se resumen en que los sistemas aislados evolucionan según la ecuación de Schrödinger, y que existe una correspondencia entre los sistemas y operadores de proyección en el espacio de Hilbert (complejo), y los observables con los valores propios de un operador.

de la función" se explicaba por la operación de medida, un cambio de nuestro conocimiento al representar una probabilidad al momento de realizar la medida (pues cuando medimos conocemos ya la posición de facto, y no su probabilidad). Y finalmente, la dependencia de la función debido a las variables elegidas es una consecuencia del tipo de conocimiento que estamos describiendo (Jammer, 1974: 43).

Heisenberg afirmaba unos años después en su texto "The Development of the Interpretation of Quantum Theory" que la interpretación de Born sobre la función de onda contenía dos características importantes: primero, que las ondas de probabilidad concernían a procesos en un espacio matemático y, segundo, que la onda de probabilidad estaba relacionada con procesos individuales (Heisenberg, 1949: 13). Ahora bien, las reglas de Born, propiamente no dicen nada acerca del carácter de los elementos de la mecánica cuántica, sólo hacen afirmaciones acerca de los valores esperados en una medición. Por tanto, dejan abierta una cuestión que será crucial más tarde para el debate interpretativo: si los elementos poseen valores antes de la medición y se trata de una interpretación estadística de un conjunto de elementos, o si no los poseen antes de la medida y por ello son llevados a un estado que contiene esos valores de forma definida (una interpretación individual). Sin embargo, en su artículo, Born se pronuncia a favor de la idea de que no existe un elemento (causa) que determine los casos individuales y entonces abandonar el determinismo, pero no lo hace de forma concluyente.

Lo que queda claro es que la novedosa propuesta de Born rechazaba la interpretación de la función de onda como una onda física, y a primera vista parecía posibilitar la adopción de una interpretación corpuscular para resolver los problemas de inconsistencia surgidos durante esos años. Sin embargo, dicha interpretación planteaba sus propias dificultades para seguir la idea de que el electrón era esencialmente una partícula, físicamente real, descrito por una "onda de probabilidad" que representaba nuestro conocimiento del sistema.

En primer lugar, cuando dos haces de partículas se superponen en un mismo lugar (piénsese en las ondas de agua que se juntan) es posible

calcular su densidad de probabilidad por separado, donde cada densidad de probabilidad está descrita por una función de onda. No obstante, como cada una de estas expresiones es una función de onda que obedece a los rasgos formales de éstas, las funciones de probabilidad muestran una relación de interferencia (propia de las funciones de onda) y, por tanto, la probabilidad resultante no es la simple suma de sus probabilidades por separado. Hay regiones donde la onda interfiere destructivamente (cuando crestas y valles de la onda se anulan), o constructivamente (cuando crestas o valles se refuerzan mutuamente), de tal forma que en esos puntos la probabilidad de encontrar la partícula cambia en función de tal efecto de interferencia. Por tanto, las ondas de probabilidades presentan interferencia de otras ondas de probabilidad, como sucede con las ondas físicas, lo cual suscitaba preguntas como esta: ¿qué sentido tiene que una probabilidad interfiera con otra o un conocimiento con otro?

Por otro lado, si pensamos en la función de onda como una descripción de partículas individuales, sabemos que la función de onda es la descripción de la evolución del estado de dicha partícula. Ahora bien, como el formalismo cuántico es lineal, toda combinación de estados posibles descritos por la función también es un estado posible (toda combinación lineal de soluciones es solución: $\psi_3 = \psi_1 + \psi_2$). Es decir, podemos escribir la ecuación para una onda como la suma de las ecuaciones para dos o más ondas. En general, no hay una sola solución; hay muchas. Dicho en términos más técnicos, la función de onda obedece al principio de superposición y dicha combinación lineal produce un estado nuevo que "solapa" con los anteriores (Rioja, 2002: 141). En este caso, para un instante dado, la partícula es descrita por la función mediante varios estados 'a la vez' o, mejor dicho, sin un estado definido determinado (más adelante matizaremos esta diferencia), sino una superposición posible de estados para los que la función de onda atribuye un valor distinto de cero.

Ante estas dificultades, parecía que la interpretación tampoco podía ser reducida a la noción de partícula, al menos de manera inmediata, y la

descripción de los fenómenos físicos no estaba en absoluto clara, a pesar de la eficiencia de los cálculos.

Siguió un periodo polémico, de calurosas discusiones entre los físicos protagonistas de la teoría, cuyo único resultado fue que no existía aún una interpretación del formalismo que fuera adecuada, porque no había una relación consistente entre las ecuaciones y las descripciones conceptuales que se tenían. Lo que sí parecía evidente es que las ecuaciones de la nueva mecánica cuántica, en cualquiera de sus versiones, se resistían a una descripción haciendo uso de las imágenes y conceptos ordinarios, tales como posición, velocidad u órbita, o como dice Cassidy al describir el momento: los electrones no eran visualizables (1992: 227). En palabras del propio Heisenberg (1962: 198) haciendo alusión a esta etapa:

> En la forma descrita hasta ahora, la mecánica cuántica permite tratar las radiaciones emitidas por el átomo, los valores energéticos de los estados estacionarios y otras magnitudes características de estos. No obstante, en todos los casos en los que se trata de describir intuitivamente un proceso que se desarrolla en el tiempo (por ejemplo, en la interpretación de fotografías obtenidas en la cámara de Wilson), el formalismo de la teoría no parece permitir ninguna representación adecuada de los hechos experimentales (Heisenberg 1962: 198).

De tal forma que se preguntaba el físico alemán: "¿Puede la naturaleza ser tan absurda como nos parece en estos experimentos?" (Citado en Moore, 1996:147).

Ante este escenario los físicos tuvieron que buscar una interpretación de la matemática cuántica que les permitiera vincular los conceptos y el comportamiento de los átomos en los experimentos de forma consistente. De acuerdo con la propia narrativa del físico alemán, los meses que siguieron fueron de intenso trabajo en Copenhague, donde abundaron las discusiones entre él y Bohr. En ellas discutían cada experimento real o imaginario con todo detalle (Heisenberg, 1949: 14).

Heisenberg intentaba extender el significado físico de las matrices de tal forma que su interpretación diera cuenta de todos los experimentos posibles sin contradicciones. Pero uno de los principales problemas que enfrentó para ello fue justo el de la trayectoria del electrón en la cámara de niebla. Como ya hemos mencionado brevemente, en ella, un electrón libre ioniza el vapor saturado de un líquido. Los iones que se forman actúan como núcleos de condensación de gas formando gotas, y dichas gotas son la huella de la trayectoria que sigue el movimiento del electrón. Por lo tanto, en este caso parecía claro que el electrón tenía una trayectoria observable, como una partícula (Rioja, 1995b: 118). Sin embargo, en la mecánica matricial el concepto de trayectoria no está inmediatamente definido, y en la mecánica ondulatoria el paquete de ondas se dispersa en una región extendida incompatible con la definición de trayectoria, por lo tanto, de partícula (Jammer, 1974: 57).

Además, cuando se hablaba de la trayectoria de la órbita electrónica alrededor del núcleo, no se contaban con los elementos experimentales que manifestasen esta. Si el electrón se movía alrededor del núcleo en un movimiento periódico tenía que haber una frecuencia característica de éste. Mas ésta no aparecía en ninguna observación, como se sabía desde 1913, cuando Bohr propuso en su modelo atómico. Las únicas frecuencias observadas son las que se refieren a la diferencia de energía en las transiciones de un estado a otro, como hemos descrito antes. Es decir, las frecuencias de la luz que el átomo emite o absorbe no se correspondían con las calculadas debido a la rotación en su órbita alrededor del núcleo (Rioja, 1995b: 118).

Todo lo anterior pone de manifiesto que los físicos no podían encontrar una evidencia experimental de la órbita electrónica. De hecho, si se intentaba observar mediante un microscopio, la luz empleada debía ser de una longitud de onda muy pequeña y muy energética, por lo que la colisión entre el electrón y la luz sacaría por completo al electrón de su órbita, haciéndola inobservable (excepto por un punto). Y como ya se sabía desde el modelo atómico de Bohr, para poder asignar órbitas a los estados estacionarios discretos se requería limitar el número de órbitas

posibles para los electrones, y con ello asumir que el paso de una órbita a otra es discontinuo, es decir, sin atravesar las posiciones intermedias.

Esta situación suscitaba las preguntas obvias: si no hay evidencia de la órbita dentro del átomo, ¿qué sucede dentro de él?, ¿cómo es posible que el caso de la cámara de niebla se observe la trayectoria del movimiento y en la órbita no? Lo único que podía decirse era que había un método para calcular los valores de la energía discreta del átomo y las probabilidades de transición entre ellas. Pero no había ninguna claridad de qué significaba físicamente el estado del átomo, pues no parecía poderse hacer referencia a un desplazamiento continuo de un lugar a otro dentro del átomo, aunque parecía haberlo en el caso de la cámara de niebla, y había que plantearse cómo describir este caso con la mecánica de matrices.

## El surgimiento y contenido de la interpretación de Copenhague

Al inicio de 1927, Heisenberg y Bohr realizaron de forma casi simultánea e independiente dos aproximaciones conceptuales que, al ser ajusta das para presentarse conjuntamente, constituyeron la base de lo que se denomina históricamente "la interpretación de Copenhague".

### *El principio de indeterminación*

Cuando Bohr se va de vacaciones a inicios de ese año, Heisenberg se concentra en la cuestión de cómo es posible representar la trayectoria del electrón en la cámara de niebla a través de su formalismo que, como hemos visto en el apartado anterior, ya formaba un elemento central de sus preocupaciones. Sin embargo, paulatinamente se va dando cuenta que ha planteado el problema de forma equivocada, y tal vez había que considerar un comentario de Einstein en una conversación del pasado: *sólo la teoría decide lo que puede observarse* (Heisenberg, 1972: 98). Este comentario, aplicado al caso que lo ocupaba, significaba que estaba presuponiendo la existencia de la trayectoria, al interpretar las gotitas de la cámara de niebla como la manifestación empírica de la misma. Lo cual encajaba no sólo con la física clásica, sino con el sentido común. No

obstante, habría que preguntarse si la nueva teoría me permitía realizar dicha inferencia o interpretación. En palabras de Heisenberg:

> Nosotros habíamos dicho siempre con cierta superficialidad: la trayectoria del electrón puede observarse en la cámara de niebla. Pero tal vez era menos lo que realmente observábamos. Quizá sólo se podía percibir una sucesión discreta de lugares, imprecisamente determinados del electrón. De hecho, se ven sólo gotitas aisladas de agua en la cámara, las cuales ciertamente son mucho más extensas que un electrón (Heisenberg 1972: 98-9).

Así, tal vez se estaba suponiendo de antemano la trayectoria, pero la estricta observación consistía en un conjunto de puntos discontinuos. No había forma de describir qué ocurría entre dos observaciones consecutivas y era solamente una hipótesis y no un hecho observable que el electrón debiera haber estado en un lugar entre ellas.

De esta forma Heisenberg abandona como tal el concepto de trayectoria que se atribuye a las gotas de la cámara de niebla y, en su lugar, se propone responder la pregunta: ¿cómo puede expresarse una situación experimental particular dada, como la del electrón en la cámara de niebla o dentro del átomo, con el esquema matemático de la mecánica cuántica? Es decir, mediante este giro ha aceptado la sugerencia de Einstein sobre la prioridad lógica de la teoría sobre la observación, y con ello se propone interpretar el experimento únicamente mediante las pautas que la teoría posibilita. Así, Heisenberg afirma que sólo pueden ser realizados aquellos estados que pueden representarse en el formalismo cuántico.

Ahora bien, si como apunta Ana Rioja (1995b), el formalismo impone las condiciones de observabilidad, Heisenberg se pregunta concretamente si es posible formular dentro de la mecánica cuántica una situación en la cual se pudieran aproximar una velocidad y una posición, simultáneamente, ya que son las variables necesarias para definir la trayectoria. Dicho en sus palabras: "[…] ¿cuál es la máxima precisión que

podemos obtener partiendo del principio de que en la naturaleza sólo se dan aquellas situaciones que cabe representar en el esquema matemático de la mecánica cuántica?" (Heisenberg, 1979: 35). Es decir, la cuestión ya no era cómo representar la trayectoria del electrón, sino de acuerdo con la estructura matemática, hasta qué punto puedo hacer una descripción espacio-temporal, como requiere dicha trayectoria. La tarea matemática para resolver esta cuestión dio como resultado el famoso principio de incertidumbre o indeterminación.

Para ello Heisenberg recurrió a las relaciones de conmutación para multiplicar matrices que representan variables conjugadas (p y q), que ya hemos mencionado antes. Para cualesquiera dos variables p y q, que pueden ser posición y velocidad, o energía y tiempo, Heisenberg se dio cuenta que como consecuencia de su falta de conmutación (como en los números reales), se vuelven incontrolables de forma recíproca. Es decir, dicha relación implicaba una imprecisión fundamental en las medidas de variables atómicas conjugadas sin importar la precisión de los instrumentos de medición de las mismas. Así, la indeterminación en la medida de dos variables canónicamente conjugadas forma una relación recíproca que puede ser expresada matemáticamente con la constante de Planck jugando un papel central.

En marzo de 1927, Heisenberg presentó su artículo titulado "Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanick",[24] el cual contenía su más famoso resultado en física, el principio de indeterminación. En este artículo, el físico alemán afirma que el contenido físico o intuitivo de una teoría debe, por un lado, poder explicar cualitativamente todas las consecuencias experimentales y, por otro, evitar cualquier contradicción interna (Heisenberg, 1953: 62). Se propone entonces correlacionar los símbolos del lenguaje matemático con el lenguaje ordinario de forma que describa los experimentos microscópicos sin contradicciones.

---

[24] "Sobre el contenido intuitivo de la cinemática y la mecánica teórico cuántica" (algunas traducciones usan visualizable).

En seguida, señala que en ese momento la mecánica cuántica se encuentra llena de discrepancias que se traducen en la lucha de argumentos sobre la continuidad y la discontinuidad, así como sobre las ondas y las partículas, mismos que hemos sintetizado anteriormente. Heisenberg concluye entonces que no es posible una interpretación adecuada con base en los conceptos habituales cinemáticos y mecánicos. De hecho, en este artículo señala que la mecánica matricial surgió del intento de romper con dichos conceptos y colocar adecuadamente las relaciones entre números concretos y experimentalmente determinables. Esta empresa se logró con éxito a través del formalismo matricial y, por tanto, el esquema matemático es correcto y no requiere revisión. No obstante, sí se requiere una revisión de los conceptos cinemáticos y dinámicos (Heisenberg, 1953: 62). En síntesis, si la estructura matemática ha resultado eficiente para dar cuenta de los fenómenos, pero no es posible encontrar una explicación consistente mediante los conceptos habituales, son estos últimos los que requieren modificación (Rioja, 1995b: 129).

Por otro lado, Heisenberg también argumenta que dichos conceptos son necesarios para que la descripción pueda ser intuitiva o responda a nuestras representaciones habituales, es decir, que podamos hablar en términos de posición, trayectoria, velocidad, energía y tiempo, pero el formalismo exige que sean analizados y redefinidos para evitar contradicciones. Por tanto, lo que pretende es hacer una "traducción" en términos físicos clásicos del algoritmo matemático que permita describir consistentemente lo que se observa experimentalmente.

Heinseberg lo plantea de forma sencilla y clara: para una masa (una partícula) dada en nuestra física habitual es completamente comprensible hablar de su velocidad y posición. Sin embargo, en mecánica cuántica, debido a la relación fundamental $pq - pq = ih$ entre variables canónicamente conjugadas, como lo son la velocidad y la posición, resulta injustificado su uso en todo instante. Es decir, si uno admite las discontinuidades como un proceso característico de la teoría en determinadas regiones y tiempos de la descripción, entonces se vuelve plausible encontrar una contradicción en los conceptos de velocidad y posición.

Por ejemplo, para el caso de una teoría basada en la continuidad del movimiento de una partícula en una dimensión puede ser descrito por una línea continua trayectoria, cuya tangente (o derivada) mostrará su velocidad en cada instante. Sin embargo, para el caso de una teoría basada en la discontinuidad, en lugar de esta curva obtenemos una serie de puntos con una separación finita. Desde un punto de vista físico, no tiene sentido hablar de posición y velocidad en todo momento, porque la velocidad sólo puede ser definida con dos posiciones, y cualquier punto está asociado con dos velocidades (Heisenberg, 1953: 63).

Ahora bien, para entender lo que significa referirse a la posición de un objeto (un electrón) debemos especificar el experimento mediante el cual haremos dicha medición, "de otra forma esta palabra no tiene significado" (Heisenberg, 1953: 64). Para ilustrar este punto, Heisenberg recurre al conocido ejemplo del electrón que observamos a través de un microscopio que ya hemos mencionado. La mayor precisión posible para medir su posición depende de la longitud de onda de la luz que usemos para observarlo. Podríamos, en principio, usar un microscopio de rayos gamma que nos permite determinar la posición. Sin embargo, la luz de esta longitud de onda también resulta muy energética, por lo cual en el instante en que la posición es determinada, un fotón es dispersado por el electrón, obedeciendo al efecto Compton y modificando el momento (mv) del electrón de forma discontinua. Como conclusión, si logramos medir la posición en ese instante, no podemos medir el momento ni, por tanto, la velocidad. Cuanto más pequeña sea la longitud de onda la localización del electrón será más precisa, pero el cambio en el momento será más grande y sólo puede ser conocido hasta la magnitud que corresponde al mencionado cambio discontinuo. Así, cuanto más precisa es la determinación de la posición (x) menos será la del momento (p) y viceversa (Heisenberg, 1953: 62).

En general, explica Heisenberg en su artículo: si $q_1$ es la precisión con la que conocemos el valor de q (es decir, $q_1$ es el error de q), en este caso, la longitud de onda de la luz; sea $p_1$ la precisión con la que conocemos el valor de p, en este caso, el cambio discontinuo por el efecto

Compton; entonces, de acuerdo con las leyes de dicho efecto, $q_1$ y $p_1$ están en la relación: $p_1q_1 \geq h$. Esta relación es una consecuencia directa de la ecuación $pq - qp = ih$. Por lo tanto, según la relación entre $p_1$ y $q_1$, la determinación precisa de la posición sólo puede ser obtenida pagando el costo de perder certidumbre en el momento, según los límites cuantitativos que indica la constante de Planck.

Volviendo al concepto de trayectoria, Heisenberg concluye que, debido al argumento anteriormente expuesto, dicho concepto no tiene un significado definible, como en el caso de la física clásica, pues no es posible medir con precisión arbitraria las dos variables requeridas. No es posible obtener una descripción espacio-temporal continua. Un análisis análogo sobre la energía y el tiempo le lleva a las mismas conclusiones respecto de estas dos variables conjugadas (Heisenberg, 1953: 66-8).

Resumiendo este análisis Heisenberg generaliza con la siguiente afirmación: todos los conceptos que en la teoría clásica se utilizan para describir un sistema mecánico pueden ser definidos con exactitud para los procesos físicos cuánticos. Los experimentos proporcionan tales definiciones en función de una indeterminación debida a los procesos observacionales que se usan cuando se intenta la determinación simultánea de dos magnitudes conjugadas. El grado de indeterminación está dado por la expresión $p_1q_1 \geq h$ (Heisenberg, 1953:68).

Todos los experimentos que se pueden definir en estos términos, afirma Heisenberg, contienen necesariamente una incertidumbre implicada por la ecuación anterior. Si existieran experimentos que permitieran simultáneamente una determinación más precisa de p y q de lo que esta expresión permite, la mecánica cuántica no sería posible. Así, sólo la incertidumbre especificada en esta ecuación permite la validez de las relaciones que encuentran expresión en las relaciones de conmutación de la mecánica cuántica (Heisenberg, 1953: 68). En palabras del físico alemán: “Esta incertidumbre hace posible esta ecuación sin el requisito de que el significado de las cantidades de p y q sea modificado” (Heisenberg, 1953: 68).

Con ello, Heisenberg estipula que el principio de indeterminación es la condición impuesta desde el formalismo cuántico para que el significado de los conceptos de la física clásica, como posición y velocidad, se pueda conservar a reserva de que dicha condición limite su uso. De esta forma, en su consideración, recupera una comprensión intuitiva[25] de los procesos físicos de la mecánica cuántica, pagando el precio de restringir los conceptos cinemáticos y mecánicos.

Con esta interpretación Heisenberg explica cada uno de los casos que habían permanecido sin una respuesta clara. En el caso de la trayectoria del electrón, narra en Encuentros y conversaciones con Einstein:

> En esta interpretación significaba que el paquete de ondas que representa al electrón varía en cada punto de la observación, es decir, en cada gotita de agua en la cámara de niebla. En cada punto obtenemos nueva información sobre el estado del electrón, de manera que tenemos que sustituir el paquete original por uno nuevo que represente esa nueva información (Heisenberg, 1979: 36).

Así, no podemos asignar al electrón coordenadas y momento en todo punto, propiedades definidas que permitan trazar una trayectoria continua. Sólo podemos calcular la probabilidad de encontrar el electrón en un determinado punto con determinada velocidad, por lo que sólo podemos usar el concepto de trayectoria con cierto grado de imprecisión.

A partir de lo expuesto en su artículo, podemos ver, tal y como señala A. Rioja, que Heisenberg ha seguido tres etapas: primero, ha definido los conceptos cinemáticos, referidos a la descripción espacio-temporal, y dinámicos, concernientes a la evolución de sistemas aplicando principios de conservación, a partir de los contextos experimentales cuánticos; segundo, dedujo a partir del formalismo cuántico los lími-

[25] Más adelante profundizaremos en su uso del término *intuitivo*.

tes de validez de dichos conceptos; y finalmente, comprobó o ilustró el significado del principio mediante algunos ejemplos dichos límites (Rioja, 1995b: 130).

Con estos pasos queda establecido que no es posible obtener con un grado arbitrario de precisión las variables de posición y velocidad, o energía y tiempo, suposición que resultaba válida en el contexto de la física clásica. En el caso cuántico, la precisión está limitada por una inevitable indeterminación al intentar fijar dichas variables de manera simultánea. Dicha indeterminación proviene de la discontinuidad inherente a los procesos atómicos.

Como dijimos antes, en el caso clásico la interacción entre objeto e instrumento se consideraba despreciable, como consecuencia de la continuidad. Sin embargo, la discontinuidad en los procesos cuánticos impone un límite inferior para la magnitud de la interacción, de tal forma que no puede ser arbitrariamente reducida hasta considerarse despreciable. Esta limitación queda establecida cuantitativamente mediante la deducción matemática del principio. De tal forma que resulta posible mantener el significado físico de las cantidades que ha analizado el científico alemán con la condición de que las variables que no conmutan no puedan tener valores determinados simultáneamente, porque son observables no compatibles (más adelante profundizaremos en su carácter incompatible a nivel experimental). Para Heisenberg las relaciones de incertidumbre marcan los límites teóricos y prácticos dentro de los cuales se puede usar el concepto de partícula, porque un uso de las palabras “posición” y “velocidad” con una precisión que exceda estas relaciones no tiene significado (Heisenberg, 1949: 15). Ceñirse a dichos límites permite el uso de los conceptos clásicos sin contradicciones y éste resulta esencial para la teoría.

### *El principio de complementariedad*

Cuando Bohr regresa de vacaciones de Noruega lee el artículo de Heisenberg, al cual le encuentra una objeción central. De acuerdo con el físico danés, en el experimento de rayos gamma la incertidumbre en

el momento no surgía del hecho de que el electrón retrocede por el bombardeo de luz del microscopio en el efecto Compton, sino de la dispersión de ondas sobre el electrón dentro del objetivo del microscopio. Lo más importante para Bohr era que el análisis requería una interpretación ondulatoria de la onda dispersada que implicaba un momento, de acuerdo a la relación $p = h/\lambda$, donde $\lambda$ es la longitud de onda de dicha luz (Cassidy, 1992: 242).

Las dos ecuaciones para el momento y la energía de un cuanto de luz manifestaban la dualidad onda-partícula: $E = h\nu$ y $p = h/\lambda$. Es decir, involucraban una combinación de variables ondulatorias, $\lambda$ y $\nu$, y corpusculares, $E$ y $p$. El uso de ambos conceptos y su interpretación en cada experimento, no sólo de partículas como hacía Heisenberg, constituiría para Bohr una cualidad esencial de cualquier experimento cuántico. Veamos cómo llega a tal conclusión.

Como hemos visto, hasta el año de 1925, los intentos para superar las dificultades interpretativas del formalismo cuántico estaban concentrados en reducir el aspecto corpuscular de las descripciones al ondulatorio, como el caso de Schrödinger, o viceversa. En este momento, Bohr veía el problema de la continuidad-discontinuidad como el asunto central de la descripción cuántica, y no necesariamente la cuestión de las ondas o las partículas (Murdoch, 1989: 21).

Sin embargo, para finales de 1926 el físico danés está convencido de que tanto la descripción continua como la discontinua son requeridas. El desarrollo de esta dualidad y las confirmaciones experimentales del carácter corpuscular de la radiación son los elementos que le llevan a pensar en una dualidad entre onda y partícula. Así, fue justamente Bohr quien se dio cuenta de que el dilema onda-partícula, que hemos venido presentando, era irreducible, y que tendríamos que convivir con él, refinando el lenguaje para que diese cabida a la coexistencia de ambas concepciones, sin contradicciones (Selleri, 1986: 100).

Como afirma Y. Cadenas, Bohr se da cuenta de que es la observación la que permite una descripción de los sistemas en el espacio y el tiempo, pero es la causalidad la que permite definirlos sin ser observados

(2004: 158). Recordemos que para aplicar los principios de causalidad se usan los teoremas de conservación de energía y momento que exigen que el sistema se encuentre aislado, pero para hacer una descripción espacio-temporal necesitamos reglas y relojes que impiden dicho aislamiento. En el marco clásico, como ya vimos, el supuesto de continuidad de los procesos físicos permitía combinar ambos modos de descripción. No obstante, al establecerse un elemento de discontinuidad que resulta fundamental de los procesos atómicos, dicha descripción debía ser reconsiderada. En ella, sin embargo, deben seguirse usando los conceptos clásicos, por distintas razones que analizaremos en profundidad más adelante.

Como resultado de dicha reconsideración Bohr llegó a un nuevo marco lógico y conceptual, entendido como una representación sin ambigüedades de las relaciones entre la experiencia y la estructura formal, que permitió una descripción consistente de los fenómenos atómicos (Bohr, 1964: 84). Así, la interpretación bohriana del formalismo cuántico se basó en el llamado "principio de complementariedad", presentado por primera vez en público en septiembre de 1927 en el congreso de Física de Como (Italia), para conmemorar el centenario de la muerte de Volta.

Tomando como referencia la *completud* observacional, es decir, la posibilidad de dar cuenta de todos los experimentos posibles, además de la necesidad de las categorías clásicas de onda y partícula en la descripción, Bohr elabora este principio. Como señala Jammer, no hay una definición clara, única y bien delimitada del principio de complementariedad (1974: 90), ya que Bohr lo fue reelaborando a lo largo de los años. Pero intentaremos dar cuenta de los elementos centrales que se mantuvieron como fundamentales en su caracterización.

Su lectura en Italia con título “El postulado cuántico y el desarrollo de la reciente teoría atómica” tiene como punto de partida la afirmación de que la esencia de la teoría cuántica es el postulado cuántico, el cual atribuye un elemento de discontinuidad esencial a todo proceso

atómico.[26] Este elemento resulta por completo novedoso respecto de la física clásica y está simbolizado en el cuanto de acción de Planck ($E = h\nu$), el cual nos obliga a reconocer que existe una limitación esencial en las ideas clásicas cuando se aplican a los fenómenos atómicos (Bohr 1988: 98). Es decir que el cuanto de acción, en cuanto que es un criterio central para ordenar la experiencia referida a los fenómenos atómicos, y la necesidad de usar los conceptos clásicos en estas descripciones, nos obligan a delimitar de modo fundamental el rango de aplicación de las ideas de la física clásica.

Concretamente, el cuanto de acción es un postulado de indivisibilidad de la realidad física (recordemos que es una unidad energética que no puede ser subdividida), por lo tanto, nos dice Bohr, introduce desde el punto de vista clásico un elemento irracional que nos obliga a renunciar a la descripción causal en el espacio y el tiempo, e implica la conexión entre objetos atómicos y su observación. Procedamos más detenidamente con esta última afirmación. Como hemos dicho antes, en la teoría clásica la descripción de los fenómenos físicos se basa en la idea de que podemos observar el fenómeno sin perturbarlo[27] de forma significativa. Sin embargo, en la teoría cuántica, debido al elemento de discontinuidad que introduce el postulado cuántico, la interacción o el intercambio de energía entre el instrumento de medida y el objeto no puede ser despreciada (Jammer, 1974: 91). Ahora bien, si una observación no puede ser hecha sin despreciar cierta interacción con el instrumento, entonces la noción de causalidad no puede ser aplicada,

---

[26] Sin embargo, interpretaciones contemporáneas sostienen que la cuantización no es la esencia o fundamento de la teoría, sino sólo un accesorio de la misma. Según Philip Ball (2018) o Leonard Susskind, la partición de la energía fue más bien como se encontró la teoría históricamente, pero se trata de un resultado incidental de ésta. Por ejemplo, Jeffery Bub afirma que la mecánica cuántica es una teoría sobre representación y manipulación de la información, y no sobre ondas y partículas (Ball, 2018: 258).

[27] Perturbación va a ser un término problemático que más tarde Bohr eliminará de su exposición del principio de complementariedad.

porque el sistema no se encuentra aislado y la energía total no se conserva. Por otro lado, de acuerdo con esta misma discontinuidad de los procesos, los conceptos espacio-temporales pierden su sentido ordinario, dice Bohr (recuérdese el caso de las transiciones de los electrones de un estado a otro).

Todo esto nos lleva a la conclusión de que la complementariedad tiene como punto de partida la imposibilidad de hacer una descripción espacio-temporal de manera simultánea con una descripción causal de los fenómenos atómicos. En su lugar, debemos concebirlos como aspectos complementarios que se excluyen mutuamente en la descripción de los experimentos. Es decir, en la descripción cuántica hay una relación entre la renuncia a la causalidad que establece Bohr, y la imposibilidad de distinguir entre un fenómeno y su observación, como lo hacíamos en el caso clásico. Por ello, la única forma de conservar la causalidad es mantener el sistema cerrado, y con ello no poder hacer una descripción en el espacio y el tiempo. De forma recíproca, al describirlo en el espacio y el tiempo debemos desistir de la descripción dinámica conforme al principio de causalidad. El uso de un dispositivo para hacer una de estas dos descripciones excluye la posibilidad de usar otro dispositivo simultáneamente que haga la descripición correspondiente.

No obstante, de acuerdo al físico danés, ambas descripciones son las formas de percepción que permiten describir toda la experiencia y, por tanto, aunque no pueden ser realizadas al mismo tiempo, pueden y deben ser usadas de forma complementaria. De tal forma que Bohr conecta exitosamente este carácter complementario entre lo espacio-temporal o geométrico con lo dinámico o causal, con las nociones de partícula y onda, afirmando que estas dos categorías permiten caracterizar el comportamiento de los fenómenos atómicos de forma alternada, pero exhaustiva.

Ahora bien, como señalamos antes, en las ecuaciones $E = h\nu$ y $p = h/\lambda$, podemos asociar p y E con propiedades corpusculares que pueden ser caracterizadas de acuerdo con una definición espacio-temporal puntual (recordemos que $p = mv$) y, por otro lado, $\nu$ y $\lambda$ (frecuencia y longi-

tud de onda), se refieren a propiedades ondulatorias con una extensión ilimitada en el espacio y el tiempo (Jammer, 1974: 92). Queda claro entonces que no podemos hacer este conjunto de descripciones al mismo tiempo, pues son excluyentes (algo extendido y algo puntual), por lo que nos vemos obligados a usar un solo conjunto de categorías ondulatorias o corpusculares de forma complementaria.

Como resultado, la descripción complementaria de Bohr establece la dualidad onda-partícula para interpretar los fenómenos en la teoría cuántica, evitando los inconvenientes de las nociones clásicas: todos los hechos sobre la luz y la materia pueden ser explicados en términos de uno de estos dos conceptos, pero no de los dos simultáneamente, dado que tienen propiedades excluyentes. Así, unos fenómenos se explican haciendo uso de la noción corpuscular y otros de la ondulatoria, dependiendo del contexto experimental.

Detengámonos un poco a explicar el razonamiento de Bohr. La magnitud finita del cuanto de acción nos impide hacer una distinción completa entre el fenómeno y el instrumento de acción, como ya dijimos. Además, dicha distinción subyace en el concepto clásico de observación y, por tanto, se encuentra en la base de las ideas clásicas del movimiento. Como ya dijimos también, en mecánica cuántica, debido a la indivisibilidad del cuanto de acción, la interacción entre objeto y aparato es parte inseparable del fenómeno. Al mismo tiempo, los instrumentos de medida están definidos en términos clásicos, y los rasgos cuánticos aparecen en la interacción que se deriva de las observaciones de los objetos atómicos a través del registro de observaciones, como impactos sobre una placa fotográfica o efectos de amplificación análogos, como afirma el propio Bohr. Debido a ello, toda información de los procesos cuánticos requiere del lenguaje clásico, que es, a su vez, un refinamiento del lenguaje común.

En suma, si en los fenómenos cuánticos no podemos despreciar la interacción entre objeto e instrumento, por tanto, hay un límite para hablar de objetos independientemente de los medios de observación, y que tenemos instrumentos clásicos para hacer mediciones, nos vemos

obligados a redefinir las posibilidades de observación y, por ende, el uso de los conceptos clásicos. Dicha redefinición consiste en que la explicación de los fenómenos cuánticos requiere de la descripción completa del montaje experimental, y de dicho montaje depende el comportamiento corpuscular u ondulatorio, tanto de la materia como de la radiación. Esto implica la integridad de los fenómenos cuánticos en el sentido de que cualquier intento hacia una subdivisión definida exige un cambio en el montaje experimental, incompatible con la definición de los fenómenos que se investigan, a saber, onda o partícula. Así, el formalismo se aplica a los instrumentos y objetos en su conjunto: el fenómeno está constituido por la relación entre ambos.

Por tanto, toda medida que pretenda describir la localización espacio-temporal del objeto requiere escalas fijas y relojes, como hemos dicho antes, y ello impide un control exacto del intercambio de energía y momento entre las partículas con los dispositivos respectivos utilizados como sistema de referencia. Recíprocamente, una determinación de la energía y el momento implica una medición que impide la coordinación espacio-temporal, por lo que existe una incompatibilidad experimental de los aparatos que miden ambos conjuntos de variables.

Como ya se vislumbra, el razonamiento de los dos físicos es similar, pero no es idéntico, y eso genera una discusión sobre cómo construir lógicamente la interpretación. La diferencia central radicaba en que para Bohr el análisis requería una interpretación ondulatoria de la luz dispersada que implicaba un momento equivalente a $p = h/\lambda$. Como ya vimos, Heisenberg no echa mano de estos conceptos para construir su interpretación. Por lo tanto, para Bohr la razón de la indeterminación calculada por Heisenberg es una consecuencia de un elemento más fundamental: el de la dualidad onda-partícula (Jammer, 1974: 66).

De acuerdo con el análisis de Jammer, para Heisenberg las limitaciones en las relaciones de indeterminación no restringen la posibilidad de definición de los conceptos, ya que cada cantidad canónicamente conjugada puede ser medida de forma aislada y con toda precisión. Es claro que el físico alemán define dichos conceptos operacionalmente, es

decir, prescribiendo un procedimiento que permite medir la cantidad referida a dicho concepto (Jammer, 1974: 68). Entonces, aunque no es posible medir estas cantidades simultáneamente, se pueden definir sin ningún problema conceptos como posición, energía, momento o tiempo, apegándonos a los márgenes establecidos por las relaciones de incertidumbre. Su posibilidad de definición se reduce a su mensurabilidad.

Pero no es así como procede Bohr, para quien la recíproca incertidumbre de las variables es una consecuencia o un resultado de la precisión limitada con que los cambios de energía y momento pueden ser definidos, y no solamente medidos. Es decir, la limitación de la medida es una confirmación de la limitación de las definiciones, pero no la precede lógicamente (Jammer, 1974: 69). La lógica de Bohr, de acuerdo con Murdoch (1989), se puede sintetizar así: si la posición y el momento del electrón se pudieran medir con precisión, entonces el electrón podría ser concebido inequívocamente como una partícula. Sin embargo, un electrón no puede ser concebido de esta forma; entonces, la posición y el momento no pueden ser medidos de forma simultánea. Es decir, las relaciones de incertidumbre son una consecuencia de que no podemos interpretar unívocamente al electrón como onda y partícula, es una consecuencia y expresión cuantitativa de la complementariedad. El argumento bohriano para defender esta precedencia lógica del dualismo radica en que la derivación de las relaciones de incertidumbre está basada en las ecuaciones Einstein- De Broglie, que hemos visto antes ($E = h\nu$, $p = h/\lambda$), donde aparecen combinadas cantidades ondulatorias y corpusculares[28].

---

[28] No obstante, Jan Faye afirma que la posición de Bohr sí se ve modificada con el tiempo. De acuerdo con él, efectivamente, Bohr había asumido que las relaciones de incertidumbre establecen los límites no sólo para la mensurabilidad simultánea de las variables canónicamente conjugadas, sino también para lo que llama la "significatividad cognitiva" de una atribución simultánea de dichas cantidades. Pero, a su vez, la tesis sobre la imposibilidad de definición se basa en el supuesto epistémico de acuerdo con el cual lo que se observa tiene que estar conectado causalmente en el espacio y el tiempo para que

De inicio, Heisenberg rechazó el argumento de su mentor danés; sin embargo, eventualmente y después de acaloradas discusiones, concedió la observación y agregó una nota aclaratoria al final del artículo en la que afirma que la incertidumbre en nuestras observaciones no se debe solamente a una discontinuidad inherente de los procesos físicos, sino a que, como consecuencia de ésta, necesitamos experimentos que muestren un comportamiento corpuscular, por un lado, y ondulatorio por el otro (Heisenberg 1953: 83).

Esta situación se expresa cuantitativamente en las relaciones de Heisenberg que establecen la indeterminación para fijar variables cinemáticas y dinámicas de manera simultánea en un estado físico. Es decir, expresa tanto las posibilidades de definición como de observación de dichas variables —recordemos que unas dependen de las otras (Bohr, 1988: 116).

Si intentamos medir el momento cuando medimos la posición mediante el principio de conservación antes y después de la interacción,

nuestra experiencia pueda relacionarse con algo objetivamente real. Así, el argumento crucial del Bohr de la indefinibilidad tiene una base epistémica (Faye 1991: 174). Bohr piensa que en mecánica cuántica sólo estamos epistémicamente justificados a atribuir una propiedad cinemática o dinámica: el arreglo experimental constituye la condición necesaria para adjudicar propiedades significativas. Pero, de acuerdo con el mismo Faye, después de 1935, el fundamento de la complementariedad se vuelve más semántico que epistémico. El uso de los conceptos que entran en la descripción de los objetos atómicos requiere la satisfacción de ciertas condiciones para que puedan estar bien definidos. Por tanto, las relaciones de indeterminación son expresiones finales de la posibilidad lógica para aplicar los conceptos clásicos, como posición o velocidad, de forma bien definida (Faye 1991: 186187). Es decir, con el tiempo fue haciendo más énfasis en que la aplicabilidad de los conceptos era lógicamente anterior a la mensurabilidad de las variables que estos conceptos denotan. Faye piensa que esto fue, en parte, resultado del debate que mantuvo con Einstein en torno a la *completud* de la teoría a partir de la publicación del famoso artículo de EPR. En el capítulo 4 revisaré algunos aspectos de dicha discusión.

tendríamos que considerar el instrumento (de la posición) como objeto y, por tanto, estaría sujeto a las relaciones de indeterminación. Recíprocamente, si conocemos el momento exacto, no podemos medir de la misma forma la posición (Murdoch, 1989: 87). El corte entre objeto y sujeto debe establecerse para dar una descripción objetiva, pero al tratar dinámicamente de diferente manera objeto e instrumento, el lugar donde se hace el corte resulta arbitrario (más adelante analizaremos esta consideración). Con lo cual hemos de concluir, según Bohr, que quedan unidos objeto e instrumento. En sus palabras:

> En efecto, la individualidad de los efectos cuánticos típicos encuentra su expresión adecuada en la circunstancia de que cualquier intento de subdividir el fenómeno exigirá un cambio del dispositivo experimental, que introducirá nuevas posibilidades de interacción, no controlables en principio entre objetos y los instrumentos de medida. En consecuencia, los resultados obtenidos en condiciones experimentales diferentes no pueden incluirse en una representación única, sino que han de considerarse como complementarios en el sentido de que sólo la totalidad de los fenómenos agota la información posible sobre los objetos (Bohr, 1964: 49).

Como resultado de este planteamiento, los resultados de la teoría cuántica no pueden incluirse en una representación única, sino complementaria. No existe un sistema único de descripción que sea compatible con todos los hechos. Es decir, la utilización de un conjunto de conceptos clásicos, onda o partícula, en la descripción de un sistema cuántico excluye la utilización de otro conjunto que es complementario. Sin embargo, ambos sirven para resumir, sintetizar y unificar los resultados de forma económica. De esta manera, Bohr armoniza concepciones aparentemente conflictivas. En sus palabras: "No se trata de contradicciones, sino de descripciones de los fenómenos que sólo juntas constituyen una generalización natural del modo de descripción clásico" (Bohr, 1988: 102).

Cabe aclarar que, como afirma Murdoch, dentro de la descripción complementaria podemos encontrar dos niveles de dualidad: un nivel

formal que aparece en las ecuaciones $E = h\nu$ y $p = h/\lambda$, y un nivel empírico que sugiere que las situaciones experimentales en las que dos modelos son aplicables son, sin embargo, excluyentes. A nivel formal un modelo requiere el otro, pero no se puede emplear en el mismo tiempo y lugar, pues son epistémicamente incompatibles —de ahí su carácter complementario (Murdoch, 1989: 60-5).

Como podemos ver, la idea de la complementariedad pretende resolver la incompatibilidad de los fenómenos ondulatorios y corpusculares en los procesos atómicos, como dos lados de una realidad que no se presentan al mismo tiempo. Por tanto, la exclusión mutua, la inevitable interacción y la necesidad de ambos son centrales en su interpretación: un objeto a veces se comporta como una partícula, puntual en el espacio y en el tiempo, y otras veces como algo extendido, ondulatoriamente. Veamos cómo lo expresa el físico danés:

> Por lo que se refiere a la luz, su propagación en el espacio y en el tiempo queda descrita de manera satisfactoria por la teoría electromagnética. En particular el principio de superposición de la teoría ondulatoria da cuenta sin excepción de los fenómenos de interferencia en el vacío y de las propiedades ópticas de la materia. Sin embargo, para llegar a una expresión exacta de la conservación de la energía y la cantidad de movimiento en la interacción entre la materia y la radiación, tal y como se evidencia en el efecto fotoeléctrico y en el efecto Compton, es preciso recurrir a la idea de fotón desarrollada por Einstein.

Y más adelante, lo expresa también en términos de causalidad y espacio-temporalidad:

> Esta situación muestra con claridad la imposibilidad de mantener una descripción causal y espacio-temporal de los fenómenos luminosos. Si deseamos estudiar las leyes de propagación de la luz en el espacio y en el tiempo de acuerdo con el postulado cuántico, tenemos que limitarnos a consideraciones estadísticas y, a la inversa, la aplicación del principio de

> causalidad a los fenómenos luminosos individuales caracterizados por el cuanto de acción supone la renuncia a la descripción espacio-temporal [...] la limitación de los conceptos se expresa en términos complementarios (Bohr, 1988: 99).

La complementariedad explica el antagonismo entre la individualidad de las partículas y el principio de superposición, como información complementaria del sistema, excluyente, pero exhaustiva, como hemos dicho antes. En el caso del átomo, el uso de la noción de estado estacionario excluye describir el movimiento individual de la partícula, un ejemplo de la limitación de las ideas clásicas en el formalismo cuántico. Las soluciones propias de la ecuación de Schrödinger pueden representar los estados estacionarios del átomo porque proporcionan la energía del sistema; sin embargo, esto obliga a renunciar a seguir a las partículas en el espacio y en el tiempo. Para este último caso, debemos usar la solución general de la ecuación por superposición de soluciones propias.

En el espíritu de Copenhague, no podemos hablar sobre el electrón salvo en lo referente a las mediciones realizadas (Ball, 2018: 41). Por ello, en sentido estricto, no es correcto hablar de 'dos estados a la vez' de una partícula, pues el estado cuántico definido por la función de onda es un conjunto de resultados esperados de las mediciones de propiedades observables específicas. Como afirma Philip Ball, si aceptamos el rigor de Bohr: "no tenemos que preocuparnos por si el estado superpuesto 'existe' antes de hacer la medición, pero tenemos que aceptar que tal estado nos dará unas veces un resultado y otras otro, y que la probabilidad la determinan las ponderaciones de las funciones de onda superpuestas en la ecuación de Schrödinger" (2018: 55). Más aún, la interpretación de Copenhague insiste en que el sistema no tiene ninguna propiedad o característica particular hasta que realizamos una medición sobre él.

### *El espíritu de Copenhague*

Con esta interpretación, Bohr y Heinseberg logran trasladar la consistencia y corrección del formalismo matemático cuántico, carente de

contradicciones internas, al plano del lenguaje clásico y ordinario, modificando convenientemente su alcance. De acuerdo con estos físicos, la noción de complementariedad señala las condiciones lógicas que debe cumplir la descripción, y permite la comprensión de los resultados experimentales, armonizando nociones aparentemente conflictivas y eliminando la irracionalidad que el cuanto de acción introduce en las nociones clásicas. Lo central es que el dispositivo experimental completo sirve para definir en términos clásicos las condiciones bajo las cuales aparece el fenómeno. Así, la descripción de un fenómeno, de acuerdo con el dispositivo experimental usado, se expresa inequívocamente a través del lenguaje común.

En suma, debido a que una descripción geométrica o cinemática implica una observación, es decir, una interacción, se sigue que tal descripción de los procesos atómicos necesariamente excluye la exacta validez de la ley de causalidad, y viceversa (Heisenberg, 1949: 63). Es sólo después de aceptar esta complementariedad entre la descripción causal y espacio-temporal que, dice Heisenberg, "uno está en posición de juzgar el grado de consistencia de los métodos de la teoría cuántica" (1949: 65).

Adicionalmente, para Bohr el soporte del formalismo cuántico y su interpretación sobre la base de la complementariedad suponen una descripción completa de los fenómenos cuánticos: "El carácter exhaustivo de la descripción viene dado por su adaptabilidad a cualquier montaje imaginable" (Bohr, 1970: 602). A partir de estas ideas, el carácter estadístico del formalismo significa, según Heisenberg y Bohr, una generalización natural de la descripción clásica debida a la combinación entre caracteres que estaban unidos en la teoría clásica, y que aparecen separados en el caso cuántico. Por tanto, la descripción clásica es una idealización (y un caso particular a nivel formal), en la medida en que presupone que, cuando el cuanto de acción es despreciable aparecen condiciones donde ésta es completamente válida, puesto que la realidad se puede considerar continua.

Por lo tanto, la interpretación de Copenhague, expresada en los principios de complementariedad e incertidumbre, manifiesta la recuperación de los conceptos cinemáticos y dinámicos de la física clásica para

poder explicar conceptualmente los fenómenos, pero estableciendo nuevos márgenes, tanto teóricos como experimentales, para su uso. En este sentido, la teoría cuántica restablecía la posibilidad de dar explicaciones físicas al usar los conceptos de la teoría clásica, pero las nuevas reglas no resultaban del todo intuitivas: si aparece la onda, no lo hace la partícula, y viceversa (Heisenberg, 1976: 33). En este contexto, las imágenes de la onda y la partícula son verdaderas, pero incompatibles entre sí, es decir, complementarias. En palabras de Bohr:

> En esta situación donde la noción de complementariedad puede suministrar un marco suficientemente amplio como para abarcar la explicación de las regularidades fundamentales de la Naturaleza que no pueden incluirse en una imagen única. Ciertamente, los resultados obtenidos bajo condiciones experimentales bien definidas —y expresados por medio del uso adecuado de los conceptos físicos elementales— agotan toda la información que es posible comunicar en un lenguaje corriente a propósito de los objetos atómicos (Bohr, 1970: 16).

A partir de entonces la dualidad de los fenómenos y las relaciones de incertidumbre serían consideradas como dos formas equivalentes de expresar el contenido conceptual de lo que se conformaría como la "Interpretación de Copenhague". Los puntos de vista de los dos físicos se unificarían de manera general, a pesar de que sus diferencias interpretativas no son triviales, para hacer frente a las múltiples objeciones que surgieron a su interpretación. Aunque sus concepciones y las implicaciones de su interpretación no llegaron a ser idénticas en el pragmático, pero también metafísico danés, la base conceptual de estos dos principios conformó una escuela de interpretación del formalismo que agrupó a la mayoría de la comunidad científica, particularmente entre las décadas de 1930 a 1950.[29]

[29] Philip Ball (2018) afirma que existen posturas que niegan que alguna vez hubiese una creencia fundamental que compartiese este grupo y que la idea de una "Inter-

Sin embargo, cabe señalar que más allá de la publicación del artículo de las relaciones de incertidumbre y el de complementariedad, además de su participación en los congresos de Solvay de 1927 y de 1930, donde respondieron a muchas de las objeciones en torno a la interpretación, cada uno desarrolló consecuencias y perspectivas filosóficas individuales. De tal forma que sus ideas se estudian por separado, y más adelante profundizaremos en algunas de ellas, pues son pertinentes para nuestro análisis.

Ahora bien, se ha concebido históricamente un grupo básico de Copenhague-Göttingen, conformado por Bohr, Heisenberg, Neumann, Born, Jordan y Pauli, quienes tienen trabajos individuales que, por un lado, no es posible unificar en una visión detallada de los fenómenos y, por otro, muchos de ellos son oscuros o incompletos, y dificultan una interpretación homogénea y detallada. De tal forma que no es posible llegar a definir de una forma clara qué es lo que constituye la interpretación de Copenhague sin recurrir a simplificaciones de cada desarrollo particular. Además, esta diversidad de ideas fue criticada, modificada o extendida con el desarrollo posterior de la teoría, pero sí tienen algunos puntos de partida comunes y muy relevantes en cuestiones epistemológicas y ontológicas. En definitiva, como dice M. Ferrero: "Es cierto que hay rasgos comunes, pero estos definen más un modo, quizá un espíritu de Copenahgue, que una interpretación clara y rigurosa". Es este espíritu, guiado por el talante filosófico de Niels Bohr, el que nos proponemos analizar y vincular con el pragmatismo.

Así, este corazón o núcleo de ideas que nos ocupa están constituidas por el principio de indeterminación, la interpretación probabilista

pretación de Copenhague" la inventó Heisenberg en la década de 1950, quizá para reincorporarse con el grupo, después de su papel en la Segunda Guerra Mundial en el régimen nazi, y de su reunión con Bohr en 1941 en una capital danesa ocupada. Desconozco la plausibilidad de la hipótesis; pero, aunque fuera correcta, creo que sí existió un espíritu interpretativo básico en el grupo que permeó e impactó en la comunidad científica y que trazó el camino del debate filosófico, que es lo que aquí nos interesa.

de la función de onda, el comportamiento dual de los fenómenos, y el principio de correspondencia. Pero hay que tener en cuenta el hecho de que ello significa, como hemos dicho, que existen un conjunto de asuntos de la interpretación que no quedan aclarados con estos elementos, y que otros más han sido simplificados con respecto a las posiciones individuales.

De tal forma que la interpretación constituye un denominador común para una variedad de puntos de vista relacionados en cuanto a las explicaciones físicas, los fenómenos, y su marco lógico y conceptual, que ha gozado de notable éxito y ha proporcionado soluciones consistentes a muchos problemas que plantearon sus rivales. No obstante, nunca hubo un consenso generalizado (y no sabemos con certeza si alguna vez lo haya habido en física), pues siempre han existido objeciones a la interpretación y a la teoría, así como interpretaciones y teorías alternativas. Adicionalmente, hay un conjunto de cuestiones que se han ido desarrollando en las siguientes décadas, tanto de forma teórica como experimental: como el asunto de la medida o colapso de la función, la completud de la misma a través del famoso experimento EPR, la teoría de variables ocultas, el teorema de Bell, las diferentes generaciones de experimentos al respecto, como el de Aspect, la teoría de la decoherencia, la interpretación de los muchos mundos, etc. Estos planteamientos, en general, han afinado y modificado parcial o radicalmente parte de las concepciones construidas en Copenhague, y revisaremos brevemente algunos de estos aspectos. En particular, cabe resaltar que en muchos casos se prescinde de la complementariedad y se conservan exclusivamente el principio de incertidumbre y la interpretación probabilista de la función. Sobre todo, en los círculos y textos de física. Quizá porque ahí es donde está la carga conceptual y filosófica más fuerte. Sin embargo, y a pesar de estas modificaciones, por ahora, el éxito mantiene vivo buena parte de este espíritu.

# El conocimiento desde la perspectiva del pragmatismo clásico

Aunque ya en la introducción he descrito a Rorty como un filósofo muy diverso, al que resulta muy difícil identificar plenamente con una tradición filosófica particular, canónicamente se le clasifica, y él mismo se concebía, como un pragmatista heredero de la tradición deweyana en la segunda mitad del siglo pasado. No obstante, como dice Ramón del Castillo, Rorty es un pensador difícilmente clasificable, debido a la diversidad de tradiciones y áreas del pensamiento que usó y reinterpretó para configurar su propia perspectiva, y la que alguna vez él mismo describió como un *bricolaje* más que una creación (Del Castillo, 2015: 8). Ello le valió una clara originalidad, pero también cierto desentendimiento con buena parte de sus interlocutores. Así resume Del Castillo su polémica figura:

> [Rorty] debatió con filósofos analíticos, pero no fue uno de ellos, pues no trató de definir qué es la verdad o en qué consiste el conocimiento. Se interesó por ciertos temas políticos, pero no fue un teórico en busca de los fundamentos de la vida democrática. Escribió sobre literatura, pero no fue un crítico literario con un método definido y novedoso. Entonces, ¿qué lugar ocupó Rorty? Probablemente ninguno. Quizás fue un pensador de encuentros más que de posicionamientos, lo cual no significa que los encuentros acabaran siempre en entendimiento [...] Fue un escritor prolífico y minucioso, además de utilizar técnicas argumentativas para

sustentar sus ideas, empleó tácticas con las que hacer llegar su mensaje tanto a otros gremios académicos como al público en general. Políticamente mantuvo una posición que suscitó críticas de distintos bandos: la derecha le consideró irresponsable, la izquierda moderada le tomó por frívolo y la izquierda radical le tachó de cínico (Del Castillo, 2015: 7).

Lo cierto es que estos desencuentros o falta de entendimiento estuvieron en parte motivados porque Rorty siempre tuvo interés, como también dijimos antes, en pensar dentro y fuera de la filosofía; en cuestionar la propia pertinencia y utilidad de sus problemas. Como él mismo declaró en 2007, poco antes de morir: "La función de un *sincretista* no original como yo es fabricar narrativas que, fusionando horizontes, logren unir productos de mentes originales. Mi especialidad son las narrativas que cuentan el ascenso y caída de problemas filosóficos" (2010a: 4).

Como también nos cuenta Del Castillo, esta actitud lo convirtió en un pensador un tanto ambivalente, pues al tiempo que insistía en disminuir la importancia cultural de la filosofía respecto de otras áreas culturales, seguía debatiendo dentro de ella y practicándola. Dentro de tal intento ambivalente, se sirvió del pragmatismo particularmente para "sustituir el planteamiento excesivamente teórico de los problemas de la filosofía por un enfoque que pone mucho más énfasis en las circunstancias históricas y en formas más locales de plantearse las cosas" (2015: 9).

Este espíritu *deflacionista* o minimalista de la teoría, más historicista, práctico y hermenéutico, es el que quiero usar para reinterpretar el caso de la mecánica cuántica, y quizá con ello favorecer, si no la caída, al menos el debilitamiento de algunos problemas filosóficos, y la relectura de otros al interior de ésta y de la ciencia.

Por ello, voy a trazar el enfoque epistemológico o antiepistemológico del filósofo norteamericano como una herencia de la tradición pragmatista. Para ello introduciré brevemente las líneas generales del planteamiento epistemológico del pragmatismo clásico que se gestó

a finales del siglo XIX y principios del XX, y cómo se apropia de él Rorty, en busca de una visión del conocimiento más centrado en sus circunstancias históricas y locales que en una teoría filosófica fundamental o última. Más tarde usaré estas herramientas en el caso de las descripciones y consideraciones de los físicos cuánticos del capítulo anterior.

## El origen del pragmatismo americano

Un resultado central de la modernidad, como es bien sabido, fue la constitución y consolidación de los problemas de la teoría del conocimiento como protagonistas de la actividad filosófica. Tanto en su vertiente racionalista, como la empirista, y en síntesis o vertientes eclécticas de dichas perspectivas, el conocimiento y su fundamento constituyeron un problema central en la filosofía moderna, que a su vez se apropió en buena parte del espíritu de la cultura. A grandes rasgos, como producto de estas reflexiones, predominó la idea de que el conocimiento era una representación de la realidad; que, a pesar de sus variaciones, compartía ciertas premisas: alguna versión de la idea de una mente interior que representa un mundo exterior, y que es propio de una teoría del conocimiento dar cuenta de la correspondencia de dicha representación con la realidad independiente.

No obstante, también resaltan un conjunto de corrientes heterogéneas que fueron críticas con las suposiciones implícitas en la noción *representacionista* del conocimiento. Una de ellas fue el pragmatismo norteamericano surgido en los Estados Unidos de América en torno a la década de 1880. Este movimiento, gestado a partir de las propuestas del lógico Charles Sanders Peirce[30] y el psicólogo William

---

[30] Peirce (1839-1914) fue profesor de astronomía y matemáticas en la Universidad de Harvard, aunque se graduó en química en esa misma universidad. Desarrolló su carrera profesional como científico en la United Sates Coast Survey (1859-1891). Desde 1879 hasta 1884 fue profesor de lógica en la Universidad de John Hopkins. Publicó dos libros, *Photometric Researches* (1879) y *Studies in Logic* (1883), así como un gran número de ar-

James,[31] no constituye una teoría uniforme o una escuela filosófica que conforme un conjunto de ideas que se puedan definir y delimitar con precisión, sino que más bien se trata de un grupo de propuestas diversas en algunos aspectos, pero coincidentes en otros no menos importantes. Los discursos de los pragmatistas constituyen proyectos bastante autónomos, pero congruentes en los puntos de partida que aceptan para el análisis del conocimiento y la realidad. Todos ellos tienen como categoría central la acción o práctica del ser humano en su entorno, así como el punto de vista del sujeto que conoce como resultado de esta acción.

Peirce fue el primero que usó el nombre de "pragmatismo", y estableció algunas de las primeras ideas asociadas a él, pero fue William James quien lo publicó y extendió sus ideas entre un público amplio. Cuando el tercer pragmatista más representativo de esta tradición, John Dewey, se unió a él, ya constituía un movimiento filosófico bastante establecido (Malachowski, 2010: 17).

### *Charles Sanders Peirce: hábitos, significado y verdad*

La perspectiva filosófica de Peirce es, en cierta parte, resultado de haber sido miembro de un grupo que se empezó a reunir en Cambridge, Massachusetts, en 1872, conocido como "The Metaphysical Club", y que tenía como miembros a John Fiske, Francis Ellingwood y Nicolas St. John Green,[32] entre otros (Malachowski, 2010: 18).

---

tículos en revistas de diferentes áreas, pero la mayor parte de sus manuscritos quedaron sin publicar, y no eran muy leídos fuera de un pequeño círculo. Entre 1931 y 1958 se ordenó temáticamente una selección de sus escritos y se publicaron en ocho volúmenes con el nombre de *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*.

[31] James nació en 1842. Era hijo del teólogo Henry James; estudió algunos años en Europa, y posteriormente se graduó como doctor en Medicina (1869) en la Universidad de Harvard donde enseñó fisiología, psicología y filosofía hasta 1907.

[32] Este resulta particularmente notable según Peirce porque enfatizaba la importancia de la definición de A. Bain de la creencia como "that upon which a man is prepared

Peirce es un pensador poco ortodoxo cuyo pensamiento atraviesa, a consideración de los expertos, por diversas etapas que no son ni estrictamente acumulativas ni estrictamente alternativas (Faerna, 1996: 101). Sus escritos, además de abundantes, no son sistemáticos ni muy accesibles, por lo que no fueron populares. Sin embargo, se trata de un escritor muy original en algunas de sus concepciones. Una de sus preocupaciones centrales era la lógica, y esta motivación fue, al mismo tiempo, el motor de buena parte del resto de sus ideas, sobre todo en lo referente a su teoría de los signos y la adquisición de creencias a través de la investigación. Aquí me limitaré a esbozar algunos elementos centrales de esta concepción de la investigación y la creencia y, junto con ellos, el objeto y carácter de la lógica, el signo y la verdad a través de su enunciación más famosa, la máxima pragmática. Como resultado de estas ideas, Peirce abre paso a una novedosa visión del objeto y su conocimiento.

Es bien sabido que Peirce tiene una importante influencia de Kant, a quien estudió profundamente, y estimuló parte de su trabajo filosófico. Para nuestros propósitos resulta de central importancia la idea kantiana que retoma el norteamericano al decir que la experiencia sensorial está permeada por el orden, y que éste no puede ser aprovechado sin la experiencia sensorial, pero tampoco puede ser derivado de ella misma (Mounce, 1997: 7). El pensador norteamericano, como Kant, pretende solucionar y sintetizar las tradiciones racionalistas y empiristas porque los conceptos no emergen de la razón pura ni de la experiencia, sino que el mundo de la experiencia sensorial aparece ya interpretado, pensado por símbolos y signos (Malachowski, 2010). No obstante, lo hace desde un enfoque orgánico o naturalista que mostraba una clara influencia darwinista, como todo el pragmatismo.

De acuerdo con lo anterior, la contribución más importante de Peirce al pragmatismo clásico fue proporcionar una formulación inicial de lo que el énfasis en la práctica significaba en la filosofía, y la importancia de esta nueva perspectiva. Por lo demás, la propuesta filosófica de Peir-

to act", que será fundamental para el movimiento pragmatista (Malachowski 2010: 18).

ce estaba repleta de consideraciones indirectamente conectadas con el pragmatismo, como lo fueron su anticartesianismo, la clarificación del método científico, la relación entre la creencia y la duda, la inducción, el papel del signo en la cognición, la naturaleza de la lógica, etc. (Malachowski, 2010: 18).

Ahora bien, la conformación de la categoría que Peirce denomina "creencia" tiene su origen en la idea básica de la interacción de los organismos con su entorno. Para movernos en el medio que habitamos, los humanos poseemos un conjunto de suposiciones sobre el modo de ser de dicho medio, así como de su comportamiento. Con estas suposiciones nos desenvolvemos en él de una manera fluida para satisfacer nuestras necesidades, desde las más básicas, como la de obtener alimento, hasta las más elaboradas y complejas. Sin embargo, en ocasiones, dicha fluidez se ve interrumpida por alguna situación que no esperamos, por lo que no podemos anticipar algún elemento del medio con el que tenemos que interactuar. Esto nos impide satisfacer alguna necesidad y nos lleva a tratar con este elemento del entorno en forma problemática. Es entonces cuando el individuo se enfrenta a un problema y entra en un estado de duda.

Resulta fundamental contrastar esta caracterización peirciana de la duda con la idea cartesiana del dudar, la cual él mismo cuestiona y diferencia de su descripción. La duda para Peirce es activa, producto de una situación confusa que se genera a partir de la interacción con el entorno, como hemos dicho. Por tanto, se trata de una duda real y puntual de carácter existencial, no una duda metodológica, generalizada o, como él mismo la llama, fingida, como ocurre en el caso de la duda cartesiana (Peirce, 1988: 88-90). Para él, la duda que plantea Descartes en sus *Meditaciones* para encontrar la certeza no es real, pues no tiene razón de ser, es arbitraria y, en esa medida, su resolución no responde a la forma en que las cosas se dan en el mundo. Es decir, se trata de una duda impuesta desde fuera de la situación misma, que no proviene de un problema vivido y, por lo tanto, adjudicada de forma artificial, injustificada y gratuita. En definitiva, según Peirce, nadie rechaza una creen-

cia simplemente porque pueda ser dudosa, sino porque de hecho lo sea (Mounce, 1997: 16).

Entonces, esta duda que se impone por un problema concreto, causa irritación en el organismo, y lo coloca en un estado de malestar al no tener éste los elementos para conducirse adecuadamente por el entorno. La búsqueda para salir de dicho estado de irritación y malestar puede variar en sus características y nivel de complejidad, dependiendo del organismo y del problema que se está enfrentado. En el caso del ser humano, el intento por salir de la duda se traduce en un conjunto de operaciones teóricas y prácticas cuyo objetivo es resolver la situación. Así, la búsqueda origina una lucha que Peirce denomina "indagación" o "investigación" y que será concluida cuando la duda desaparece (Faerna 1996:103).

De acuerdo con lo anterior, el problema que se enfrenta será el que conforme los criterios y orientación de la solución, y cuando se encuentra ésta, entonces cesa la duda y con ella la irritación o insatisfacción. Esta solución se va a expresar en una guía de conducta ante la situación que originó el problema o cualquier situación similar, de tal manera que evitemos el conflicto que inició la indagación. A su vez, dicha forma de conducirnos se expresa en el lenguaje en una proposición que determina una predisposición conductual. Esta predisposición formulada que responde a la solución del problema en la forma de guía de la acción conforma aquello que Peirce denomina "creencia".

Por lo tanto, la respuesta al estado de duda se logra mediante el desarrollo de un conjunto de métodos para fijar creencias. Lo cual, a su vez, es equivalente a construir hábitos que permiten relacionar irritaciones con acciones que producen los efectos deseados sobre una situación que, de inicio, es problemática (Faerna 1996: 103). Así, el proceso del paso de la duda a la creencia, que se inicia con la demanda de una acción y termina con la fijación de un hábito de conducta, es lo que Peirce denomina "investigación". De tal forma que la investigación es un tipo de actividad general que puede involucrar toda clase de contextos, que van

desde el sentido común hasta la ciencia: es un tipo de actividad que genera pautas de conducta para actuar (Faerna, 1996:104).

En definitiva, la creencia es un hábito. Si bien algunas de ellas pueden ser arbitrarias o aleatorias, muchas de ellas son generadas a través de la reflexión, del conjunto de procedimientos y normas que constituyen el razonamiento. Es decir, la mente realiza un conjunto de operaciones que son un intento para resolver el problema que se enfrenta durante la investigación, y aquellas operaciones eficientes se establecen como normas o procedimientos admitidos por el pensamiento y constituyen lo que se denomina "razonamiento". La disciplina que estudia los métodos por los que se llega a la creencia es justamente la lógica, y se ocupa del conjunto de operaciones simbólicas que nos permiten llegar a tales hábitos. En este sentido, el razonamiento para llegar a ser válido o correcto debe alcanzar conclusiones verdaderas a partir de premisas verdaderas. Para ello, el pensamiento sigue determinados procedimientos de forma repetida y sistemática, es decir, posee o adquiere hábitos que hacen que se realice una inferencia válida. Al tipo de hábitos que proporcionan inferencias válidas Peirce les llama "principios directrices de la inferencia" (Faerna, 1996: 106).

La categoría de hábito en el discurso de Peirce adquiere entonces dos sentidos. Por un lado, un conjunto de hábitos en el nivel del pensamiento establecidos en los *principios directrices* mediante los cuales se busca llegar a la opinión verdadera a partir de premisas verdaderas. Por otro, se trata de hábitos de acción a través de las creencias que predisponen determinadas formas de conducirse en determinadas situaciones. En conclusión, la función del pensamiento es producir creencias en forma de asentamientos de hábitos que se distinguen por las diferentes formas de acción que se producen a través de los *principios directrices inferenciales*. De esta forma, los dos sentidos de "hábito" quedan conectados por la acción, por las consecuencias prácticas que establecen en sus diferentes niveles.

Según lo esbozado hasta ahora resulta claro que la forma en que los hábitos del pensamiento se adquieren es resultado de un proceso natu-

ral, a saber, la interacción del organismo con su entorno. Por tanto, razonar es una especie de control de la conducta en función de determinados fines que se plantean durante el surgimiento de problemas. De acuerdo con estos fines podemos encontrar patrones generales para el pensamiento: los *principios inferenciales* son métodos que nos permiten pasar de la duda a la creencia, y sus reglas son estudiadas por la lógica.

En este sentido, la lógica se constituye como un producto de una larga y gradual selección de procedimientos que resultan efectivos para adquirir y asentar creencias (Faerna, 1996: 105).

No obstante, la lógica para Peirce no deja de ser un procedimiento universal para hacer inferencias válidas, pero no es posible llegar a ellas por la reflexión pura ni tiene una forma preestablecida en el pensamiento. Por el contrario, el modo de llegar a estos métodos depende de la experiencia. Además, su perspectiva también implica una continuidad entre las leyes del pensamiento y los métodos que tenemos para investigar; unas son resultados de los otros. Por tanto, la lógica constituye un conjunto de hábitos entendidos como la especialización de las leyes de la mente por la que una idea general obtiene el poder de guiar nuestra conducta.[33]

Por otro lado, según Peirce, la lógica entendida como la caracterización de las distintas formas de inferencia es semiótica, pues al pensar siempre operamos con signos. Por tanto, para entender la forma en que se conecta el pensamiento con el mundo es necesaria una teoría del significado de los signos. Esta teoría nos describe cómo opera el pensamiento en la resolución de problemas, articulada con el resto de la propuesta peirciana. Como ya dijimos, el producto de la investigación es la creencia que restituye el flujo de la experiencia y, a su vez, se expresa a

[33] En función de esta concepción de la creencia, la investigación y la lógica, Peirce desarrolla su concepción sobre los tipos de inferencia que la constituyen: la inducción, la deducción y la abducción. La más novedosa es la abducción, ya que con ella Peirce pretende dar cuenta de la creación de hipótesis. Sin embargo, para nuestros fines, evitaremos esta parte de su desarrollo.

través de los signos.[34] Por lo tanto, cuando la investigación reestablece dicho flujo haciendo uso de inferencias, establecemos significados. Así, el significado refleja el producto del proceso de indagación, pues es la conclusión de un proceso de inferencia.

Como resultado, los significados de los signos, en la medida en que son producto de la indagación —que a su vez tiene como objetivo restituir el flujo de la experiencia— son operativos en la realidad. Es decir, son eficientes en la medida en que las consecuencias prácticas que se establecen a través de ellos se cumplen. Como consecuencia, el significado es comprendido sólo por la práctica a través de adquirir hábitos o capacidades, y en relación con otros signos. El significado prescribe un comportamiento con consecuencias experimentales en la realidad, y estas consecuencias muestran una relación de correspondencia entre el signo y la realidad, pero siempre como un sistema completo de ellos. Las consecuencias obtenidas al aplicar los significados de los signos generales sobre la realidad son el argumento para afirmar una relación cierta, real, entre las leyes generales que hacemos de la naturaleza a través de los signos y los principios que operan en ella. Sin embargo, no significa que esta relación sea definitiva en un momento dado, pues dichas leyes son falibles y perfectibles.

En suma, la inferencia en la indagación es un proceso controlado por un propósito que, haciendo uso de los signos, nos lleva a establecer significados. Estos pueden concebirse como esquemas de acción que se verifican experimentalmente de acuerdo a su eficiencia para resolver el problema original de la indagación. Si dicha evaluación es eficiente,

---

[34] Peirce establece una relación entre signo, objeto y fundamento, el aspecto particular del objeto al que se refiere el signo. Esta relación permite la creación del significado en la mente del intérprete y establece tres categorías en su análisis. El signo (*First*) está por un objeto (*Second*) para un intérprete (*Third*). A su vez, son categorías del pensamiento donde las dos primeras representan la espontaneidad y la contingencia, y la tercera el hábito y la ley.

entonces se adopta el significado y se afirma que tiene una relación directa con la realidad.

De acuerdo con Peirce, hay significado en nuestros conceptos porque podemos adquirir hábitos o disposiciones en el mundo mismo, guiados por ellos. De aquí podemos deducir que un criterio para clarificar un concepto también obedece a la explicación de las formas de inferencia del razonamiento. Por lo tanto, lo que Peirce denominó "pragmatismo" (o más tarde pragmaticismo), entendido como un método del pensamiento para aclarar ideas, se expresa en lo que constituyó quizá su enunciación más famosa: *la máxima pragmática*.

De acuerdo con el desarrollo anterior, si los signos de un lenguaje son el vínculo entre el mundo y el pensamiento, Peirce afirma que conocer el objeto es equivalente a conocer su posible comportamiento o el conjunto de relaciones predicables de él expresadas en dicho lenguaje (Faerna, 1996: 110). De esta forma, el significado de un concepto se establece mediante el conjunto de prácticas que es posible establecer en relación a él, y el norteamericano expresa esto a través de la *máxima pragmática*.

La máxima fue publicada por primera vez en un artículo llamado "Cómo esclarecer nuestras ideas" en la revista popular *Science Monthly* en enero de 1878 y afirma: "Considera qué efectos, que pueden tener *concebiblemente* repercusiones prácticas concibes que tienen los objetos de tu concepción. Así, tu concepción de aquellos efectos es el todo de tu concepción del objeto" (Peirce, 1988: 2010). Dicha enunciación resulta ser, por un lado, una forma de esclarecer el significado de un concepto de acuerdo con el criterio fundado en la práctica, que hemos esbozado antes. Por otro, nos proporciona un método de verificación de las hipótesis que constituyen los hábitos. Es decir, nos da una guía para determinar, a través de sus efectos prácticos, aquellas hipótesis que resultan ser opiniones verdaderas al predicar algo sobre algún sujeto.[35]

[35] Existe una enunciación posterior de la máxima que, de acuerdo con Mounce, Peirce modifica para alejarse de la interpretación que James hace de ella como un criterio de verdad (Mounce, 1997: 37). Más adelante veremos dicha interpretación, pero para nues-

He esbozado aquí apenas unas pinceladas del pensamiento de Peirce. Pero ellas me bastan para recuperar ciertos elementos epistemológicos que resultan cruciales en el pragmatismo, y que más tarde me permitirán trazar la figura filosófica de Rorty como heredero de esta tradición.En este esbozo podemos distinguir ya diversos aspectos en los que Peirce se distancia —o claramente se opone— con nociones básicas de la epistemología moderna. En primer lugar, podemos ver un anticartesianismo explícito, al rechazar la duda metodológica, considerándola como un elemento artificial de la investigación y, por tanto, fallido para explicar la construcción y fundamento del conocimiento: la duda fingida distorsiona la problemática real del entorno, y esto la incapacita para generar pautas de conducta que den lugar a una interacción armónica auténtica. Asimismo, defiende una racionalidad y una lógica naturalizada, no ellas mismas empíricas o accidentales, sino producto de la experiencia y del contacto directo con la realidad. De igual forma, su concepción sobre las creencias y el proceso de investigación se muestra afín a los mecanismos biológicos para satisfacer las demandas de los organismos, y se aleja de las representaciones mentales herederas de la distinción entre mente y mundo, al estilo cartesiano o lockeano (Faerna, 1996: 103).

Por otro lado, su teoría de los significados no intenta *enganchar* o *empatar* signos con objetos; su análisis se da entre signos, en función de las relaciones prácticas entre los propios objetos. Además, la *máxima*, no sólo es un criterio pragmático de clarificación del significado, sino que guarda una relación directa con el proceso de formación de creencias, se trata de una guía para realizar inferencias y, como consecuencia, de la investigación. El proceso o método que hace todo el recorrido de la investigación aquí esbozado a través de los hábitos es lo que Peirce entiende por el método de la ciencia, que nada tiene que ver con representar la realidad, en el sentido del espacio interior de origen cartesiano. Asimismo, podemos ver en el planteamiento un claro antecedente de lo que más adelante se llamará "el giro lingüístico"; la idea de que no pode-

tro propósito no hace falta profundizar en esta versión alternativa de la máxima.

mos pensar sin signos, que desembocará en la idea de que el pensamiento es el lenguaje mismo.

Como resultado, resaltaremos el hecho de que en este primer pragmatismo los objetos de conocimiento son posibilidades de experiencias que se han asentado a través del establecimiento de hábitos, y nos proporcionan un trato fluido con ellos. Al mismo tiempo, el criterio práctico de Peirce implica que cualquier concepto que no involucre una posible experiencia no es en absoluto un concepto, de la misma manera en que un efecto que no sea concebiblemente experimentable no puede formar parte de la significación. Así, podemos afirmar que no puede haber diferencia entre dos fenómenos empíricamente indiscernibles, o que dos conceptos que presentan los mismos efectos prácticos son en última instancia el mismo concepto. De tal manera que aquello que identifica al objeto es una relación objetiva en términos de su comportamiento. Dicho de otra forma, la cosa se reduce a sus estados posibles en relación a la práctica. Esto claramente anuncia una actitud antimetafísica, donde no puede haber realidad que trascienda la experiencia.

No obstante, Peirce siempre estuvo preocupado por la objetividad, el realismo y una concepción de la verdad satisfactoria, que le exigían, en tensión con el resto de la propuesta, un mundo que trasciende la propia experiencia. Es decir, existe en el mundo una realidad que es independiente de lo que uno o algunos individuos opinen (o experimenten), resultado final de la investigación, y que es posible acceder a ella averiguando las leyes necesarias del pensamiento y estableciendo, a partir de nuestras experiencias verificadas, las creencias adecuadas: "La esencia de la verdad reside en su resistencia a ser ignorada" (Peirce, 1988: 338).

En este sentido, la realidad no es extrínseca a la creencia; es el objeto de la creencia establecida definitivamente y, por ello, es verdadera. Sin embargo, una creencia verdadera debe ser el resultado de una investigación llevada a su término, una creencia universalmente aceptable que responde a todas las dudas que generó la indagación: es una creencia que no necesita ni necesitará modificación alguna. Esto convierte a la verdad en una meta ideal y muestra su carácter trascendental; la investi-

gación es una convergencia hacia la verdad, no tanto como una predicción o destino, sino como una esperanza: "[…] la opinión humana tiende universalmente a una forma definida que es la verdad (Peirce, 1988: 64). Así es como se muestra una tensión entre la inmanencia de la verdad, su intento de mantenerse en ámbito de la creencia, y trascenderlo para llegar a algo más definitivo y absoluto, metafísico, que marcará el resto de su pensamiento.

### *William James: el significado de la verdad*

William James fue un conferencista constante que se dio a la tarea de divulgar su pragmatismo, no como una filosofía sistemática y técnica, sino como un estilo literario y dinámico para solucionar problemas a través de ejemplos e ilustraciones. Su prosa vívida y su habilidad para conectar la filosofía con los asuntos humanos en general contribuyeron a que James llevara el pragmatismo al mapa intelectual de su época. Los expertos coinciden en que desarrolló una visión de la filosofía como una actividad vital que, lejos de ser un conocimiento privilegiado y abstracto, tenía que guiar nuestro desarrollo intelectual en todos los aspectos de la vida, incluida la cotidianidad. Al parecer, el conflicto entre la imagen científica del mundo, y sus creencias morales y religiosas fueron parte del motor para sus ideas pluralistas acerca de la verdad y la realidad. Ello generó un gran debate con filósofos británicos como Bertrand Rusell y George Edward Moore, representantes de la tradición analítica.

La primera lectura donde James se comprometía con las ideas del pragmatismo lleva por título "*Philosophical Conceptions and Practical Results*", y tuvo lugar en Berkeley en 1898. El giro de su pensamiento hacia estas ideas es anterior a dicha fecha, pero fue en una serie de lecturas realizadas en los años 1905, 1906 y 1907 en Wellesley College, Lowell Institute y Columbia University, respectivamente, donde sus ideas tuvieron un considerable impacto. Este conjunto de lecturas fue publicado en 1907 con el título de *Pragmatismo*, probablemente su texto más famoso junto con "La voluntad de creer" y "Las variedades de la expe-

riencia religiosa". Voy a centrarme en algunos elementos de su teoría de la verdad, quizá una de las más controvertidas del siglo pasado, pero también más interesante. A su vez conectaré con algunos asuntos epistémicos más que se relacionan con dicha teoría, como su pluralismo y humanismo.

Es previsible que la acción o práctica tengan un papel fundamental en el discurso de James para explicar la forma en que se conforman nuestras concepciones y, sobre todo, para caracterizar la verdad. Sin embargo, su actitud hacia estas categorías tiene sus propias particularidades, mismas que le distancian de manera importante de Peirce y le vuelven un pensador por demás polémico.

En "El significado de la verdad" (1909)[36], James desarrolla con nitidez algunas nociones primarias de la actividad cognoscitiva y, por tanto, de la forma en que surgen las ideas. En un dialogo crítico con la tradición empirista, particularmente con John Locke, James piensa que los estímulos del mundo generan sensaciones en nosotros que organizamos, seleccionamos y relacionamos para organizar la experiencia. Percibimos cualidades, pero no como representaciones de los objetos, sino como suposiciones acerca de éste para interactuar con él, acerca de qué tipo de comportamientos puedo esperar y cómo conducirme ante él. Esta idea básica se multiplica con otros estímulos, y las suposiciones sobre éstos se interrelacionan formando una amplia red de ideas que entran en un proceso más complejo. De esta forma, estamos obligados a creer en algunas realidades, aunque sean provisionales, debido a los estímulos del mundo sobre nosotros. Estas realidades son la garantía para llamar 'cognoscitiva' a una sensación.

Análogamente a Peirce, tenemos, según James, un conjunto de creencias que nos conducen ante la experiencia, porque nos proporcionan expectativas sobre el comportamiento del mundo. Sin embargo, como vimos en la propuesta peirciana, las situaciones problemáticas detonan la insatisfacción y, con ella, la investigación, de la que obtenemos una

[36] La edición en español es de 1966 en Editorial Aguilar.

nueva idea que de ser exitosa eliminará la insatisfacción, proporcionando una nueva guía conductual en el entorno. La nueva idea se incorpora entonces al antiguo cuerpo de verdades. Este cuerpo se modificará lo menos posible en acuerdo con la nueva verdad, y formará un nuevo cuerpo coherente con el cual conducirse en el medio. Es decir, al resolver un problema, una nueva idea se admite como verdadera, y el resto de ideas se modifican mínimamente para ajustar una red nueva. Como dice James: "La antigua opinión concordará con el nuevo hecho a condición de mostrar un mínimo de conmoción, un máximo de continuidad" (James, 1973: 62).

Las nuevas ideas verdaderas son resultantes de nuevas experiencias y de viejas verdades combinadas, y se modifican mutuamente, de tal forma que permiten dirigir nuestra conducta en el entorno de forma exitosa. El cambio es paulatino y obedece a problemas concretos. Es imposible el cambio completo de verdades al mismo tiempo porque éstas conforman nuestra base conceptual y guía conductual para tratar con el entorno, por lo cual no podemos prescindir de todas ellas a la vez.

De esta forma, James está dando un nuevo significado a la adecuación de las ideas a la realidad, puesto que no concierne una relación de semejanza o isomorfismo con ésta, sino que implica un criterio práctico en relación con un fin, a saber, el de la conducta. Así, la adecuación de las ideas y la realidad en James significa ser guiado por las primeras a través de la segunda. El signo de lo verdadero está dado por nuestra conducta fluida y no problemática. Así, lo esencial en el proceso de conocer y concebir la verdad es ser conducido por el entorno de forma no problemática, o exitosa (James, 1973: 167).

Para afinar esta concepción de lo verdadero, James echa mano de la *máxima pragmática* de Peirce. Ya hemos explicado que Peirce plantea la *máxima* como un criterio para atribuir significados. En cambio, James la recupera y reinterpreta como un criterio de verdad. También habíamos mencionado que, si no existía diferencia práctica entre dos conceptos, la diferencia no era auténtica. De la misma forma, de acuerdo con James, si no existe diferencia práctica que permita que una idea sea determina-

da como verdadera o falsa, entonces ésta carece de significación real. Por tanto, no puede haber una diferencia en una verdad abstracta que no se exprese en algún hecho concreto y la conducta respecto de él. Cualquier idea que nos guía con éxito de una parte de la experiencia a otra es verdadera y la forma de averiguarlo es a través del criterio de la *máxima*, mediante las consecuencias prácticas. Cuando los efectos prácticos del enunciado resultan exitosos como guía conductual, tenemos un criterio para admitirlo como verdadero. Esto manifiesta el carácter instrumental que la verdad tiene para el norteamericano.

Como consecuencia, la verdad es enteramente epistémica, inmanente a la creencia, pero además es maleable de acuerdo con las necesidades y propósitos humanos. En palabras de James: "La verdad es una especie de lo bueno y no como se supone corrientemente una categoría distinta de aquello coordinada con ello. La verdad es el nombre de cuanto en sí mismo demuestra ser bueno como creencia y bueno también por razones evidentes y definidas" (James, 1973: 71).

Con lo anterior, queda establecida la verdad como un instrumento para la acción, como medio para satisfacer cuestiones vitales tal como lo explicita James en "La concepción de la verdad según el pragmatismo", sexta conferencia de su obra *Pragmatismo*. Por lo tanto, las ideas verdaderas tienen una vía de validación, corroboración y verificación clara y definible que guía la solución de los problemas. Una verdad de una idea es un efecto, el proceso de verificarse y generalizarse a través de la eficiencia (James, 1973: 157-158).

Estas ideas contrastan, claramente, con la noción clásica de una verdad objetiva, entendida como ajena a cualquier circunstancia o problemática concreta que venía desarrollando la tradición epistemológica moderna. Esta idea de lo absolutamente verdadero, ese punto ideal e inamovible al que se converge cuando se encuentran todas las verdades atemporales sobre la realidad del mundo equivale, para James, a una experiencia absolutamente completa, exhaustiva y sin posibilidad de variación o cambio que, de no ser imposible, no forma parte de nuestra

realidad actual.[37] Por tanto, el pensador norteamericano defiende la tesis de que nuestras verdades son temporales, nos permiten resolver la existencia hoy, pero la experiencia no está agotada ni completa para mañana. La nuestra es una verdad plural y temporal, cada vez más amplia, que se desarrolla en experiencias finitas que se apoyan mutuamente, pero sin sostén más allá de su propio conjunto y justificación.

En la conferencia segunda de Pragmatismo, denominada "El significado del pragmatismo", James critica al racionalismo como una posición que insiste en establecer una teoría de la verdad estática e independiente

---

[37] Como mencionamos, fueron G.E. Moore y Russell los críticos centrales de la teoría de la verdad de James. Moore critica que James identifique la verdad con utilidad y verificabilidad. Su objeción surge de considerar que existen ideas que no podemos verificar, y que algunas otras que verificamos de forma incompleta no son verdaderas. Asimismo, Moore señala que no todas las verdades son útiles y que, por otro lado, algunas ideas falsas pueden resultar bajo determinadas circunstancias útiles. Por otro lado, Moore señala que James considera que la verdad es mutable, por ser instrumental, pero para él lo más "común" y "natural" es que la verdad sea inmutable. Aunque admite que la realidad es mutable, la ideas, si son verdaderas, lo son siempre y, de la misma forma, existe un sentido trivial en el que hacemos nuestras creencias verdaderas, porque éstas dependen de determinadas condiciones humanas, pero eso no quiere decir que nosotros "hagamos" nuestras creencias verdaderas. En resumen, Moore considera que las creencias son verdaderas o falsas siempre (extraepistémicas), y son sólo las palabras las que pueden cambiar; es decir, la existencia de una creencia depende de nosotros, pero su verdad no, en el sentido de que aquello que expresa es independiente de nosotros (Moore, 2004: 329). Por su parte, Russell señala que la explicación que James hace de la verdad es psicologista al pretender sustituir la pregunta de qué es lo que hace a una creencia verdadera por la de qué nos hace sostenerla como verdadera. Considera que James confunde entre adoptar una creencia como una hipótesis que funciona con creer que es verdadera. Asimismo, Russell considera que la identificación de James de la verdad con la utilidad cae en un infinito regreso o es circular, que confunde el criterio de verdad con elucidar su significado y que define la verdad como algo emocionalmente satisfactorio, lo cual implica que pueda ser verdad que exista algo, incluso si no existe (Sprigge, 2004: 76-92).

de toda valoración. Esta noción de la verdad, según James, deriva en discursos cerrados, absolutos y totalizadores a los que el norteamericano se opone abiertamente. Por el contrario, James muestra una preferencia por lo concreto y particular como referencia para dicha tarea. Esta oposición a un sistema definitivo y general para explicar las concepciones que usamos nos mantiene, según él, en una actitud abierta ante las posibilidades de la realidad y nos hace flexibles para situarnos mejor en cada situación particular. Por lo tanto, la función de las ideas no es otra que orientar nuestra conducta y mejorar las demandas de nuestra experiencia en la vida, y ello establece el criterio de verdad.

En definitiva, el pragmatismo jamesiano es un método que tiene como objetivo obtener mejores resultados para nuestros propósitos: "No supone resultados particulares, sino solamente una actitud de orientación, que es lo que significa el método pragmatista. La actitud de apartarse de las primeras cosas, principios, categorías, supuestas necesidades, y de mirar hacia las cosas últimas, frutos, consecuencias, hechos" (James, 1973: 58). El método pragmatista que nos muestra James se proponía eliminar de la filosofía los problemas metafísicos a partir de centrarnos en las consecuencias prácticas de las creencias. Por lo tanto, la *máxima* de Peirce reinterpretada se convierte en el instrumento que permite depurar dicha metafísica y evitar toda disputa estéril que no suponga una diferencia práctica.

Este método y concepción de la verdad muestra dos elementos que queremos resaltar. Por un lado, es una concepción sobre cómo usamos el término "verdadero" en los lenguajes comunes y en la vida cotidiana, más que una teoría de la verdad como norma de nuestras creencias. Por otro lado, muestra el pluralismo radical de James, puesto que implica una actitud de apertura hacia diferentes lenguajes para diferentes propósitos sin una unidad ontológica, y ni siquiera metodológica, más allá del criterio de la utilidad y eficiencia práctica. A su vez, esta posición epistemológica se enmarca en una perspectiva más general que James desarrolla a lo largo de su obra, a saber, su humanismo. Dicha perspectiva rechaza la verdad como algo que es ajeno a las valoraciones humanas

y a la experiencia. Para el humanista jamesiano lo verdadero es una relación de unas partes de nuestra experiencia menos fijas (predicados) con otras relativamente fijas (sujetos) de manera eficiente y sin ir más allá de la experiencia.

Ahora bien, cabe aclarar que no significa que James niegue o ignore la importancia de la objetividad y el carácter "independiente" de la verdad: el mundo es independiente de nosotros tal y como acontece. Pero una idea verdadera nos prepara para una percepción eficiente de ese mundo, por lo tanto, es el acuerdo de algunos procesos y objetos con otros que no dependen de nosotros, pero a partir de los cuales establecemos una relación definible y con sentido. Está claro que, según el norteamericano, las sensaciones que recibimos de los estímulos del mundo están fuera de nuestro control debido a los acontecimientos del mundo, pero es la forma de advertirlas, organizarlas, acentuarlas la que depende de nuestros intereses y posibilidades. No es la realidad la que depende de la perspectiva desde la cual miremos, sino lo que decimos de ella:

> Cuando hablamos de una realidad independiente del pensar humano, no parece, pues una cosa muy difícil de hallar. Se reduce a la noción de lo que acaba de entrar en la experiencia y aún ha de ser nombrado, o bien a alguna imaginada presencia aborigen en la experiencia, antes que se haya suscitado creencia alguna sobre tal presencia, antes que se haya aplicado cualquier concepción humana (James, 1973: 191).

Entonces, la realidad como agente causal de nuestras creencias es completamente independiente de nosotros, pero no su conceptualización, en este sentido: "Añadimos tanto al sujeto como al predicado parte de la realidad. El mundo es realmente maleable, está esperando recibir su toque final de nuestras manos" (James, 1973: 197).

De acuerdo con lo expuesto, podemos ver que hay una cercanía considerable entre Peirce y James, en relación con la naturaleza de las creencias, y el proceso de investigación y adquisición de éstas. Ambos responden a un proceso orgánico que inicia en la duda y termina en la

eliminación de la duda de forma satisfactoria. En este proceso, la importancia de las consecuencias prácticas, el carácter holista de las creencias y el evidente naturalismo de la perspectiva, que sigue una descripción organicista, muestra su influencia darwinista, que no es extraña en la filosofía norteamericana. Asimismo, dicho enfoque implica una crítica a la concepción de "idea" heredada desde la tradición que viene de Descartes y Locke, como representaciones internas de la mente, sustituidas como guías de la acción. En definitiva, la metáfora de la idea como copia o impresión de la realidad se sustituye paulatinamente por la del instrumento.

Sin embargo, también resultan claros los aspectos en los que James se aleja de Peirce. Mientras que el segundo conserva una visión normativa y trascendente de la verdad como convergencia, para el primero la verdad como satisfacción se convierte en un término amplísimo y flexible que permite conciliar diferentes tipos de creencias, como las científicas y las religiosas, otorgándoles el mismo estatus epistémico mientras satisfagan fines humanos. Ángel Faerna afirma que James establece una relación lógica no accidental entre verdad y satisfacción: "El imperativo correcto no es buscar la creencia verdadera a condición de que sea satisfactoria (en los términos que James lo ha definido, esto sería como decir actuar correctamente a condición de que sea ético); sino buscar la verdad porque hay que buscar en general lo satisfactorio" (Faerna, 1996: 144). Es esta relación malentendida la que ha producido la crítica a la concepción de James como voluntarismo de la verdad.

Esta diferencia, que aleja de forma significativa a James de Peirce, tiene importantes consecuencias que nos interesan. Por un lado, coloca a James en una posición cercana al antifundacionismo epistemológico que más tarde defenderá Rorty, pues la verdad está caracterizada por una utilidad que es relativa a los fines y circunstancias del lenguaje y, por tanto, le acerca a un historicismo antimetafísico que será desarrollado en la segunda mitad del siglo XX. Por otro lado, el pluralismo que hemos mencionado permite establecer una igualdad epistémica y ontológica de los distintos tipos de creencias, que también serán cruciales para el prag-

matismo rortiano. Finalmente, encontramos un desplazamiento de lo epistémico a lo ético-político que no sólo será crucial para el neopragmatismo, sino también para buena parte de la epistemología y filosofía de la ciencia contemporánea.

### *John Dewey: una teoría de la investigación*

John Dewey[38] pertenece a la generación posterior a la de Peirce y James, por lo que desarrolló una segunda etapa del pragmatismo clásico. De acuerdo con A. Malachowski, a primera vista la aproximación de Dewey al pragmatismo parece una combinación entre la confianza de Pierce en

---

[38] John Dewey nació en 1859 en Burlington, Vermont (Nueva Inglaterra), cursó sus estudios en la Universidad de Vermont y posteriormente fue a John Hopkins University de Baltimore, donde obtuvo el doctorado en filosofía con una tesis sobre la psicología de Kant. En 1884 fue nombrado profesor auxiliar en la Universidad de Michigan, en la que enseñaba filosofía y psicología. En 1894 se trasladó a la Universidad de Chicago donde es nombrado jefe del departamento de filosofía, psicología y pedagogía. Dos años después crea la University of Chicago Elementary School, sede que le permite poner en práctica sus ideas pedagógicas. Un año después publica *My pedagogic Creed*. En 1903 publica *Studies in Logical Theory,* que constituye la primera manifestación articulada de la filosofía deweyniana. En 1904 dimite en Chicago y se traslada a la Universidad de Columbia, en Nueva York. Ahí inicia una larga y fecunda etapa en la que da a conocer gran parte de su vasta obra. Algunas de sus publicaciones más importantes de esa época son *The influence of Darwin on Philosophy and Other Essays en 1910,* y *Essays in Experimental Logic* en 1916. Uno de sus libros más ambiciosos en el terreno filosófico aparece en 1920 con el nombre de *Reconstruction in Philosophy*. En 1929 se jubila de catedrático en Columbia y publica *The Quest for Certainty*. Su actividad política es intensa todos estos años, y después de su jubilación continua su trabajo intelectual; muestra de ello es la publicación en 1938 de una de sus obras más importantes *Logic: The Theory of Inquiry*. Su producción literaria no pararía hasta muy poco tiempo antes de morir en 1952. Debido a la gran extensión de su obra y a los objetivos que persiguió, aquí me restringiré, casi exclusivamente, a su teoría del conocimiento expresada en los tres últimos textos mencionados.

la ciencia, y la tendencia humanista de James. Sin embargo, un análisis más detenido muestra que su posición estaba más cerca de James, y que sus abundantes referencias a la ciencia suponen un entendimiento amplio de su papel, divergente en varios aspectos de las ideas del Peirce

Una de las preocupaciones centrales de Dewey radicaba en el hecho de que, desde la modernidad, toda experiencia humana aparecía escindida entre dos entidades de distinta naturaleza: la material y la espiritual o mental. Esta división cristalizó en la teoría del conocimiento en una división entre objeto y sujeto. Por lo tanto, la idea de unificar la experiencia y evitar la problemática derivada de este dualismo fue uno de los motores centrales de sus reflexiones y propuestas. Dicha preocupación se expresó inicialmente en su afinidad con las concepciones del idealismo hegeliano, en el cual la experiencia de estas entidades aisladas se transforma en un único objeto total que permite entender la realidad orgánicamente[39] (Faerna, 1996: 179). Sin embargo, más tarde concluyó que para lograr dicha unificación no requería del idealismo, sino que la psicología y la biología en su nueva era evolucionista podrían permitir dicha reconciliación. Así, el filósofo ve en Darwin un hegelianismo naturalizado que será eje de su filosofía. Al igual que en Hegel, en el darwinismo el mundo se revela como un proceso en desarrollo, pero los detalles en Darwin, a diferencia de Hegel, están basados en observaciones concretas, es decir, siguen el método científico que resultará también fundamental para Dewey (Mounce, 1997: 128).

De esta manera la propuesta deweyana busca una comprensión no dualista de la relación del sujeto y su entorno de clara influencia darwinista, que se observa, incluso, en la forma en la que acuña las categorías nominadas “instrumentalismo cognitivo”, donde su segunda preocupación central sale a la luz, a saber, la dicotomía entre teoría y práctica. Dewey es crítico de la interpretación filosófica de la tradición que po-

---

39 Es posible rastrear en sus trabajos más tempranos, como parte de esta preocupación, una influencia también de la filosofía lebniziana, menos conocida y documentada, pero quizá más fuerte que la hegeliana.

demos rastrear hasta Platón y Arístóteles, y cuyo talante permaneció en buena parte del espíritu moderno, en donde la teoría es epistémica y ontológicamente superior a la práctica, por lo que, como en Peirce o James, pero con argumentos distintos, la práctica resulta central.

Las ideas de Dewey son muy vastas, dado que abarcan el ámbito de lo moral, lo cognitivo, lo metodológico, lo político, lo psicológico, etcétera; es decir, su propuesta abarca un marco filosófico tan amplio como detallado. Resulta muy difícil, por tanto, resumir su pensamiento. Sin embargo, a partir de lo que acabamos de exponer, podríamos decir que la clave de sus ideas radica en la naturalización del conocimiento y la inteligencia a través de un método que construye a partir de su análisis de la ciencia, pero que incorpora en su constitución misma, elementos sociales y políticos, proporcionando una imagen mucho más compleja y detallada de lo que buena parte de la tradición venía haciendo con la ciencia.

Simplificando la detallada descripción que Dewey construye para describir el patrón de la investigación, podemos decir que, siguiendo a Peirce y a James, Dewey sostiene que todas las categorías del conocimiento y sus implicaciones son una consecuencia de la interacción de los organismos con el entorno, interacción que se da en continuidad con el resto de las actividades realizadas por los seres vivos para adaptarse y sobrevivir. Pero tal y como lo concibe Dewey, no es que cada uno exista de manera independiente, sino que uno y otro son en función de su interacción.

Como Peirce, Dewey considera que en dicha interacción surgen problemas a los que llama *situación indeterminad*a, caracterizada por una interacción fracturada y no fluida con el entorno. Esta situación genera la necesidad de iniciar un conjunto de acciones para encontrar una solución que una vez encontrada a partir del ensayo y el error se instituye como hábito, no como un patrón rígido, sino como una respuesta adaptativa que tiene capacidad de modificarse cuando las condiciones del entorno también lo hacen (Dewey, 1986: 38-9). Este procedimiento para satisfacer necesidades que instaura hábitos de acción mediante el

uso y la reflexión se llama, como es de esperarse, investigación. En sus palabras: "La investigación es la transformación controlada o dirigida de una situación indeterminada en otra tal que las distinciones y relaciones que la integran resultan lo bastante determinadas como para convertir los elementos de la situación original en un todo unificado" (Dewey, 1986: 108).

Por lo tanto, Dewey está sugiriendo que el comportamiento vital tiene un patrón definido, y éste está expresado en la investigación. Pero a su vez, la investigación resultante instituye nuevas condiciones del entorno que generan nuevos problemas y, por tanto, una nueva investigación. De tal forma que no existe un estado final y definitivo, porque cada estado introduce condiciones para nuevas situaciones indeterminadas. Además, las condiciones ambientales son inherentes a la investigación como parte esencial del comportamiento orgánico, ya que el organismo sólo es tal en conexión con el entorno, pues la integración es más importante que la distinción (Dewey, 1986: 40).

Ahora bien, el entorno que determina la investigación es tanto físico como cultural. Las formas de organización social son parte de las características del entorno que sugiere o restringe algún tipo de solución: tradiciones, instituciones, costumbres, lenguaje. Por tanto, toda creencia o idea debe ser descrita como un comportamiento en el cual el organismo y su entorno físico y cultural interactúan (Dewey, 1986: 51).

Así, la experiencia entendida de esta forma expresa su estructura en la investigación, aunque la naturaleza de los problemas sea distinta. Podemos afirmar que la solución que resulta de la búsqueda para satisfacer necesidades se conforma como una idea, entendida como la anticipación de algo que puede suceder, que señala una posible experiencia. Es decir, la idea es una posibilidad que se comprueba experimentalmente y mediante la cual los hechos se organizan para formar una estructura unificada y coherente. Por tanto, nacen de las transacciones diarias, no se imponen desde alguna fuente externa o *a priori*. Pero una vez elaboradas resultan formativas y reguladoras de la propia experiencia. Esto significa que las ideas son de naturaleza operacional debido a

que formulan propuestas para actuar sobre una determinada situación por parte del individuo.

Esta visión de las ideas también significa que los hechos no son autosuficientes ni completos en sí mismos al margen del sujeto, sino que se seleccionan y describen con un propósito de acuerdo con el problema implicado, de tal modo que su material indique un significado relevante para la solución y que sirva para poner a prueba su validez. Es decir, los hechos siempre responden a un propósito concreto planteado por la investigación. Con esta idea Dewey está rechazando una de las nociones básicas del empirismo, la de "lo dado" a los sentidos como conocimiento inmediato. El filósofo norteamericano defiende la idea de que todo conocimiento es mediado, pues presupone experiencias y conclusiones previas. No niega la idea de un mundo independiente de los organismos, pero este mundo sólo es objeto de conocimiento cuando entra en interacción con éstos y se conceptualiza en función de los problemas que enfrentamos.

Como los pragmatistas anteriores, la fuerza operativa de las ideas conecta inevitablemente con el experimento, con una transformación controlada de alguna situación indeterminada para ser determinada en el sentido antes descrito. De acuerdo con esto, cualquier forma de acción exitosa se establece como un hábito, y al formularse en una idea se acepta como una regla o principio que sirve de guía en el futuro para situaciones similares. A partir de estos principios se abstraen los procedimientos del razonamiento que conectan con la solución de los problemas. Estas abstracciones de la práctica que expresan determinadas tácticas del pensamiento establecen hábitos mentales. Dichos hábitos conforman lo que denominamos "principios lógicos", y constituyen métodos de razonar comúnmente usados en las investigaciones posteriores. De esta manera, los principios lógicos son condiciones satisfechas en la investigación que surgen a partir del trato exitoso que tenemos con el medio. Son reglas que proporcionan una forma de tratar a los objetos y a las situaciones, derivados de métodos previamente usados (Dewey, 1986: 21).

Como consecuencia, las formas lógicas para Dewey surgen de la investigación, por tanto, la lógica tiene un origen empírico y está sujeta a sus propios contenidos, pues su éxito depende de los efectos prácticos que obtenemos sobre ellos, aunque esto no excluye la posibilidad de que su desarrollo posterior se independice de ellos. En definitiva, la lógica está basada en la experiencia en el mismo sentido que lo está cualquier ciencia natural; es empírica no *a priori* ni intuitiva (Dewey, 1986: 45).

En oposición a las visiones comunes de la teoría lógica para este pragmatista, las formas lógicas no preexisten a la investigación, es decir, no son independientes de los contenidos ni forman una estructura cognoscitiva inherente al sujeto o intrínseca del mundo. Por el contrario, es la formalización del desarrollo y uso de métodos inteligentes de donde se sigue que la separación entre métodos y lógica es artificial pues ambos tienen origen en la práctica. Los métodos se fueron instituyendo a partir de ciertas formas de proceder que de acuerdo con sus conclusiones eran eficientes. Éstas, en su versión simbólica y abstracta, conformaron principios lógicos, como condiciones de la investigación, pero ambos tienen un carácter empírico y autocorrectivo. En definitiva, la lógica no es final ni completa.

Como consecuencia, la lógica para Dewey no es puramente formal, es decir, no se limita a las leyes del razonamiento formal con independencia de la experiencia, sino que se trata de una explicación del proceso de pensamiento de acuerdo con el proceder de la investigación, por tanto, tiene un fundamento empírico. Aunque este proceso tiene cierta semejanza con la concepción que hemos desarrollado en Peirce, Dewey va más lejos, puesto que, en la medida en que las formas lógicas dependen de la investigación y la experiencia y ésta siempre es inacabada, la lógica no puede ser universal y atemporal[40] (Dewey, 1986:24-6).

---

[40] A este respecto Dewey también recibe la crítica de Russell de que está confundiendo lógica con psicología; Russell considera que la ocurrencia de una inferencia es empírica, pero su validez es un asunto estrictamente lógico y separado de esta (Russell, 2004a: 30-48).

Por lo tanto, podemos ver que la teoría lógica en Dewey tiene dos sentidos importantes, que nos serán de utilidad más tarde. Por un lado, tiene un sentido naturalista, lo cual significa que existe una continuidad entre esta y las operaciones de investigación biológicas y físicas. Las operaciones racionales surgen de las actividades orgánicas sin ser idénticas a ello de lo que emergen debido a su evolución, a un desarrollo cada vez más sofisticado y complejo (Dewey, 1986: 26). Por otro lado, la lógica también es una disciplina social por estar condicionada por el entorno y las consecuencias culturales. Cualquier investigación crece sobre la base de una cultura y tiene efectos en las condiciones de donde surge. Por tanto, ni la investigación ni el conjunto abstracto de símbolos usados en ella pueden escapar del entorno cultural y físico donde viven y se desenvuelven (Dewey, 1986: 26-8).

Consistentemente con esta propuesta —y también como resultado de su concepto de investigación instrumental— la racionalidad que se configura en la propuesta de Dewey está determinada por la relación eficiente entre medios y fines, en la que los fines responden al propósito de satisfacer las necesidades de la experiencia y los medios son los procedimientos que nos llevan a ello. Ahora bien, en la medida en que la experiencia es dinámica, los fines no son externos a ésta ni permanecen fijos en toda investigación. Dewey habla de fines en perspectiva y no en sí mismos; un hecho en proceso de realización se llama medio y uno ya resuelto se llama fin (Faerna, 1996: 194-6). Así, la racionalidad se convierte bajo la perspectiva instrumentalista en un ajuste continuo entre estos dos elementos que no permanecen fijos en toda investigación, sino que se instauran para resolver eficientemente situaciones determinadas, como ya hemos visto.

La idea de una racionalidad *a priori*, que llega de manera externa y anterior a la experiencia, sostiene la visión de que los métodos dependen de la lógica, y ésta es externa a la investigación. Por el contrario, para Dewey la razón es resultado de experiencias anteriores desarrolladas y maduradas de acuerdo con las necesidades surgidas en la interacción con el entorno, y su éxito para reajustar dicha interacción es la cualidad

que las convierte en racionales. Por tanto, la razón es inteligencia experimental porque la reflexión es una respuesta adaptativa a los estímulos del medio, es ajustar medios y fines.

El siguiente punto de la perspectiva epistemológica de Dewey en el que me detendré brevemente, aunque se encuentra ya implícito en el planteamiento anterior, es su crítica a la dicotomía entre teoría y práctica que ya mencioné antes. En sus textos *La búsqueda de la certeza y La reconstrucción de la filosofía*, Dewey rastrea en la tradición filosófica un elemento que ha marcado la visión del conocimiento desde la cultura griega: el sentimiento de certeza y seguridad frente al devenir incierto fue encontrado en aquellos elementos del entorno que eran permanentes o estables. Esta cualidad de permanencia dio pie a una distinción en la que el conocimiento de los objetos se correspondía con el reino superior de la realidad invariable y se distinguía con el reino inferior de las cosas cambiantes, aquello asociado a la práctica y a la acción (Dewey, 1988: 14-15). Lo que es de forma verdadera es eternamente, es Ser, y aquello que cambia es No-Ser; todo cuanto se relaciona con la práctica y la experiencia debido a su carácter eventual (Dewey, 1988: 16). La esencia de las cosas (su sustancia ontológica) era una identidad eterna aprehendida por el intelecto; el reino de lo práctico es la región del cambio y el cambio es siempre contingente. Si una cosa cambia, prueba su carencia de ser verdadero o completo:

> […] las premisas básicas de la teoría del conocimiento se establecieron con estas ideas. Para que el conocimiento sea cierto tiene que referirse a lo que posee existencia antecedente o Ser esencial. Existen ciertas cosas que constituyen exclusivamente una forma intrínseca, los objetos propios del conocimiento y de la ciencia. Cosas en cuya producción participamos no pueden ser conocidas por nosotros en el verdadero sentido de la palabra. La acción se constituye en el reino de conjetura y probabilidad […] (Dewey, 1988: 18).

Así, el conocimiento es una verdad permanente de objetos invariables, y es objetivo porque es completamente independiente de la experiencia cambiante, por tanto, de los sujetos que conocen. Aquello que está relacionado con la práctica pertenece a una categoría ontológica inferior, pues la acción está asociada con el cambio, es No-Ser. Los objetos de conocimiento son patrones para medir el grado de realidad de los demás objetos de la experiencia y sólo lo inmutable es real (Dewey, 1988: 17). De esta forma, la superioridad epistemológica y ontológica de la teoría sobre la práctica adquiere justificación filosófica que generó una predisposición del discurso filosófico y cultura orientado hacia lo universal, invariable y eterno (Dewey, 1988: 16).

Adicionalmente, se consolidó una perspectiva del conocimiento como contemplación pasiva, debido a la división de clases en Grecia, ya que la práctica se relacionaba con los artesanos y serviles. De esta forma, se conservó la idea de una mente pasiva, incluso en el empirismo de Locke, que en este sentido no se diferencia del racionalismo cartesiano. Ambos relacionan el conocimiento con ideas que *ocurren* en la mente de un sujeto pasivo en oposición al mundo. Entre este sujeto y el mundo hay un velo de ideas que da origen a los problemas sobre el mundo externo, a saber, los problemas epistemológicos (Mounce, 1997: 149).

En definitiva, en la perspectiva de Dewey, todas las teorías del conocimiento, desde la filosofía griega hasta las tradiciones racionalista y empirista de la modernidad, incluyendo la síntesis kantiana y su herencia a los siguientes siglos, tienen como supuesto común que lo conocido antecede al acto mental; que su investigación no afecta al objeto de conocimiento, y se excluye cualquier elemento de la actividad práctica en la constitución del objeto conocido (Dewey, 1988: 18). Con ello, presuponen el aislamiento de los elementos del conocimiento; por un lado, el objeto que se conoce y, por otro, el sujeto que lleva a cabo a la investigación de forma completamente independiente a él. La lectura de Dewey con el surgimiento de la ciencia moderna, y más enfáticamente la contemporánea, es que estas premisas son obsoletas, pues actualmente la ciencia es una

actividad transformadora y eficaz, pero la tradición filosófica no ha incorporado estas características a su teoría del conocimiento plenamente.

Ante dicha crítica, Dewey rescata la noción perdida o casi olvidada de que en un principio los hombres intentaron conocer porque era parte de su necesidad para sobrevivir. Así, como hemos visto ya, el deseo del entendimiento intelectual tiene su origen y sentido como un medio para desempeñarse por el entorno, no como un fin en sí mismo. De acuerdo con esta perspectiva el conocimiento es una herramienta para la acción, que Dewey denomina "instrumentalismo cognitivo": el conocimiento-tiene un carácter activo y operante, ya que constituye un conjunto de herramientas como parte del proceso de desarrollo y sostenimiento de la vida. Es producto del examen de los procesos cada vez más complejos de las artes y oficios, un ajuste del medio que actúa sobre él y, al mismo tiempo, lo modifica. Como hemos visto también, las ideas, conceptos y teorías son instrumentos o posibilidades de instrumentos para la acción, para una reorganización activa e inteligente del medio circundante de acuerdo con problemas concretos.

Según Dewey esta visión se sigue, como dije, de la revolución científica que ocurrió en los siglos XVI y XVII, y que implicó una inversión total de la relación entre conocimiento y acción. De tal manera que la ciencia avanzó elaborando y adoptando instrumentos y operaciones prácticas puestas al servicio de las necesidades y valoraciones humanas, pero no como comúnmente se conciben al margen de éstas. Inclusive, Dewey utiliza el ejemplo de la física contemporánea, la relatividad y la mecánica cuántica, para mostrar la manera en que se ha consolidado este carácter de la ciencia. Por un lado, afirma, la relatividad muestra que las características que definen los objetos son relaciones entre cambios, y no cualidades definitivas y permanentes, y el tiempo es un ejemplo de esto(Dewey 1988: 102-3). Estas dejan de ser propiedades intrínsecas de los objetos que dependen de determinadas interacciones y se definen por sus consecuencias prácticas. En el caso de la mecánica cuántica, el principio de indeterminación muestra que las observaciones nos indican relaciones entre cambios, y que el conocer se convierte en un género de

interacción entre el objeto y el instrumento de conocimiento (Dewey, 1986: 161-6). Aunque estos ejemplos son explorados de manera superficial, Dewey señala acertadamente que estas teorías muestran el carácter práctico, dinámico y relacional de los objetos y métodos de la ciencia, al contrario que la vieja noción metafísica en la que tales objetos poseen una identidad perdurable en sí misma.

En términos generales, a partir de estos elementos podemos afirmar que para Dewey los factores sensibles y racionales del conocimiento cooperan para hacerlo posible sin que ninguno de ellos sea más fundamental que el otro. Los objetos de la experiencia son producto de la interacción del organismo con su ambiente, y no son ni sensoriales ni conceptuales de manera independiente o por sí mismos, pero tampoco una mezcla de ambos. Esta distinción obedece meramente a una diferencia funcional, al papel que cada uno juega en la investigación.

Por lo tanto, el conocimiento inmediato (o sensible) es siempre resultado de una investigación anterior, y en esa medida una referencia o patrón para medir las conclusiones obtenidas en la investigación. Son hipótesis de trabajo para dirigir las nuevas situaciones. Usamos lo que ya conocemos como instrumento para los problemas nuevos, pero éste es un proceso en constante renovación que no tiene un estadio final al cual nos acercamos. El conocimiento siempre es falible, siempre es posible encontrar una prueba en contra de alguna idea: esto nos da pauta para dudar de ella y hacer una revisión de las concepciones adoptadas hasta entonces. Así, en este esquema el sujeto cognoscente se encuentra dentro del mundo de la existencia, y su conocimiento es el producto de su interacción con el mundo, pero no se trata de cualquier tipo de interacción, sino de una que regula los cambios; que es dirigida de forma inteligente. Esta es la característica que diferencia el conocimiento de otras posibles experiencias, las consecuencias prácticas reguladas.

Con estos elementos descritos es posible esbozar la noción de realidad y verdad que Dewey adopta en su instrumentalismo cognitivo. Por un lado, he dicho que la idea de la realidad estática e independiente del conocimiento es rechazada por el norteamericano. Por el contrario, di-

cha realidad está definida por la interacción del organismo con el entorno: se trata de una realidad dinámica que se conforma y conoce en la medida en que el sujeto organiza los elementos de su medio como producto de la actividad dentro de él. Podríamos decir entonces que, en cierta medida, lo real está determinado por la experiencia. Como bien señala Faerna: "La realidad en la perspectiva funcionalista es un mapa que va trazando el proceso de investigación" (Faerna, 1996: 190). Esta visión elimina, en opinión de Dewey, aquellos elementos metafísicos que puedan postular como parte de lo real. Todo aquello que no tiene efectos prácticos o consecuencias activas, no es formulable como real. En este sentido, coincidiendo hasta cierto punto con Peirce, pero sobre todo con James: toda diferencia debe obedecer a un efecto práctico.

Asimismo, el criterio para definir la verdad, muy cerca de James, está expresado en sus consecuencias prácticas. Lo verdadero es el juicio que satisface o resuelve mediante dichos efectos el problema por el que ha surgido la investigación. Sin embargo, esta satisfacción no se refiere a una situación personal, subjetiva o caprichosa. La satisfacción debe referirse a condiciones públicas y objetivas. Lo verdadero como útil y satisfactorio corresponde a la organización de la experiencia que una idea o teoría hace, de tal forma que se puedan predecir los comportamientos futuros. Este es el sentido en que una idea se considera verdadera. Cuando se dice que algo es satisfactorio es porque cumple con condiciones especificables, las cuales están dadas por la formulación del problema que se investiga.

Ahora bien, al recuperar la doctrina de James, Dewey afirma que una creencia es verdadera si satisface tanto necesidades personales como las exigencias de las cosas objetivas, pero estos ámbitos no están decididamente separados. Es decir, nuestras valoraciones forman parte de los juicios que a su vez son probados por sus consecuencias prácticas, y ello no implica la pérdida de la verdad. Aunque tradicionalmente la verdad está relacionada con las cuestiones de hecho, fundamento de la objetividad clásica, para el pragmatismo, este tipo de objetividad es inconcebible, porque donde no hay sujeto tampoco hay afección, ni duda ni

problemas y, por tanto, tampoco hay motor de la investigación. Definitivamente, para Dewey no puede generarse conocimiento al margen del sujeto, lo que le obliga a reelaborar la clásica distinción entre objeto y sujeto, que, como ya dijimos, formaba parte central de sus preocupaciones epistémicas.

El conocimiento tiene lugar en una situación objetiva y pública, pero siempre involucra a un sujeto por lo menos y, generalmente, a varios. Esto quiere de decir que en toda experiencia existe una valoración, aquella que motiva y mueve la investigación a un fin determinado. Por otro lado, un juicio de valor no es externo a la experiencia, pues depende de sus consecuencias y, por tanto, de las conclusiones de la investigación. Hechos y valores no son ajenos como generalmente se pretende. Como explica A. Faerna, para establecer hechos requerimos hacer valoraciones, y toda valoración está fundada en determinados hechos. Es cierto que los valores pueden estar intrínsecamente ligados a los gustos, pero para Dewey estos gustos han sido examinados y aprobados, son producto del conocimiento. Es decir, hace una distinción entre goces accidentales y goces con valor. Los primeros son casuales, ocurren sin conocimiento de sus efectos; y, respecto a los segundos, se juzga que vale la pena tenerlos. Tanto juicios de valor como de hecho son hipótesis empíricas que están sujetas al método experimental, a sus resultados prácticos (Faerna 1996:197-99).

Como resultado, el mundo de la experiencia tiene importancia moral en función de que da condiciones para que puedan cumplirse determinados fines, pero dichos fines responden al deseo de satisfacer las necesidades surgidas y, por tanto, no son permanentes ni externos a toda cuestión empírica. Por el contrario, los fines surgen del mismo proceso de la acción; no son absolutos, sino siempre en perspectiva (Faerna, 1996 189-95). Esta visión tiene como consecuencia un elemento medular de la propuesta deweyniana que tiene implicaciones para la ciencia: que los hechos y los valores se descubren conjuntamente en el transcurrir de la investigación, no en función de fines externos a ella, sino que los vamos ajustando de acuerdo con los resultados (Faerna, 1996: 197).

De esta forma, los objetos del conocimiento son producto de la investigación y medios para alcanzar nuevos conocimientos en investigaciones posteriores, medios prácticos para alcanzar nuevos fines. Son resultado de determinadas experiencias dirigidas, por lo que no tienen existencia anterior a éstas. Dichas consecuencias o resultados constituyen el objeto conocido y son de carácter público, pero no son idependientes de la investigación, ni están exentas de futuros cambios. La identidad del objeto responde a un conjunto de relaciones eficientes que pueden y van modificándose con el desarrollo de la experiencia.

En síntesis, Dewey expresa que el objeto es existencialmente construido a través de la eficiencia de las operaciones ejecutadas en torno a él, haciendo uso de la inteligencia. Al mismo tiempo, su esquema da continuidad al acto cognitivo con el resto de las actividades adaptativas de los organismos, como ya hemos insistido. Además, evita las necesidades metafísicas de hipostasiar una racionalidad *a priori* en la naturaleza o el hombre cuyo debate durante los últimos años ha llevado a callejones sin salida y ha adjudicado jerarquías ontológicas artificiales a los objetos. No obstante, resulta importante señalar que para Dewey este carácter activo del conocimiento está guiado por el método científico que le coloca en la senda segura.

Resulta fácil identificar los elementos que agrupan a estos autores en una perspectiva epistemológica cercana: el talante naturalista y organicista de la investigación y el conocimiento, las creencias como hábitos de acción, y la resolución satisfactoria como criterio central para establecer creencias verdaderas. Todos intentan reconfigurar el escenario epistemológico siendo críticos de sus premisas modernas, a saber, la idea del conocimiento como representación, la perspectiva pasiva, o la idea de una racionalidad y métodos *a priori* o metafísicos. No obstante, estuvieron siempre condicionados por estos debates de su tiempo, y más que olvidar, intentaron redescribir la experiencia, el método o la verdad. Asimismo, en ellos encontramos importantes diferencias, como es evidente; un escenario trascendental de la verdad en el caso de Peirce contrasta con la verdad inmanente de James o Dewey, o el pluralismo metodoló-

gico de James contrasta con una metodología más universal de Dewey. No voy a profundizar aquí en dichas diferencias, que son por demás relevantes; deseo más bien presentarlos como una fuente general de inspiración para el pragmatismo que nacerá durante la segunda mitad del siglo XX.

### *El destino del pragmatismo clásico*

Las ideas de estos tres pensadores son una referencia central para entender la filosofía norteamericana. Aunque claramente no estuvo exenta de críticas, sobre todo a cargo de Rusell y Moore, como hemos dicho, quienes centraron sus objeciones en el terreno de la verdad más allá de sus condiciones concretas e independiente del sujeto. Así, estos pensadores insistieron en que las soluciones del pragmatismo clásico eran psicológicas y en ese sentido subjetivas. Defendieron una verificación que iba más allá de las condiciones concretas, una validez lógica separada de la psicología, y argumentaron que el concepto de éxito es un concepto político y no lógico. Sin embargo, la premisa central del pragmatismo consistía justamente en enfatizar el conocimiento como producto de las condiciones concretas del sujeto y su evolución. Por tanto, las críticas siempre fueron llevadas al terreno de los oponentes, o bajo los supuestos que justamente estaban criticando; a las consideraciones de que tenía que haber algo más allá de dichas condiciones.

Ahora bien; aunque el pragmatismo nunca fue una corriente hegemónica en las universidades, ni siquiera en el apogeo de James y Dewey, se podría considerar que este último fue una de las influencias más importantes de la filosofía norteamericana hasta su muerte en 1952. Pero casi inmediatamente después sus escritos desaparecieron del terreno filosófico más relevante.

Al mismo tiempo, al inicio del siglo XX había comenzado una revolución lógica a cabo de Bertrand Russell y Alfred Whitehead con la publicación en 1913 de su obra *Principia Mathematica*, mediante la cual pretendían construir un sistema axiomático para fundamentar las matemáticas y reducirlas a la lógica. Este trabajo continuaba una tarea

iniciada por Gottlob Frege, quien tradicionalmente marca la transición del nuevo proyecto lógico para la filosofía. Esta revolución, unida a la propuesta del análisis lingüístico de G. E. Moore en Inglaterra, dio pie a un amplio espectro de pensadores con algunos denominadores comunes que se articularon en la bien conocida filosofía analítica.

Poco antes del inicio de la Segunda Guerra Mundial se generó una ola de migración intelectual a los Estados Unidos, lo cual derivó en un importante impacto del movimiento analítico en los departamentos de filosofía norteamericana. Este movimiento enfatizó el trabajo en lógica, análisis del lenguaje, pero también la consideración de las ciencias naturales como únicas ciencias válidas. En un inicio, sus representantes fueron aquellos partidarios del método por el cual, mediante el análisis del lenguaje, se llega a la eliminación de toda metafísica. Así, el análisis lingüístico basado en la lógica y el empirismo constituyen sus rasgos fundacionales predominantes.

El *Tractatus-logico-philosophicus* de Ludwig Wittgenstein inspiró en buena medida los temas de la filosofía analítica. El *Tractatus* se interpreta como un libro que pretende explicar el funcionamiento de la lógica y mostrar que ésta es la estructura sobre la cual se construye nuestro lenguaje descriptivo, aquello que la ciencia explica. Su tesis fundamental consiste en esta íntima conexión estructural entre lenguaje y mundo. Influenciado también por este texto y en estrecha relación con las tesis del espíritu analítico, surgió en 1922 el famoso Círculo de Viena, que fue disuelto en 1939 por las condiciones políticas en Europa. Una parte de ellos migraron a Estados Unidos y conformaron su versión del positivismo lógico, que también dominó buena parte de los departamentos de filosofía americana las siguientes décadas. Este movimiento se ocupó principalmente de la lógica de la ciencia, considerando la filosofía como una disciplina que tenía como una de sus preocupaciones centrales la demarcación de la ciencia, así como la elaboración de un lenguaje común para todas las ciencias. El positivismo lógico se proponía principalmente analizar el significado y sentido de las oraciones para unificar las ciencias y eliminar la metafísica de todo lenguaje, usando como

herramienta la lógica y siguiendo la tradición empírica del siglo XIX. A su vez, desconfiaba y eliminaba cualquier elemento histórico o sociológico de su discurso, buscando criterios universales y atemporales.

Sin embargo, después de algunas décadas, los problemas de la perspectiva analítica fueron evidenciándose, y la siguiente generación de filósofos de la tradición analítica se encontró diciendo cosas que sonaban a Dewey, James o Peirce. Algunos comenzaron a usar la palabra *pragmatista* para describir algún aspecto de su posición, como el caso de Willard V.O. Quine, Paul Churchland, Donald Davidson, Paul Feyerabend, Richard J. Bernstein, Richard Rorty o Hilary Putnam. (Bauerlein, 2004: 141). En particular, Putnam, Rorty o Bernstein han hecho un intento serio por estudiar los textos del pragmatismo original y reinterpretarlos en nuevos contextos; y, más aún, los han intentado vincular no sólo con las tesis analíticas, sino con la filosofía continental. Esta reinterpretación del pragmatismo clásico es lo que comúnmente se denomina neo-pragmatismo o pragmatismo contemporáneo.

# Conocimiento y ciencia desde la perspectiva de Richard Rorty

## El pragmatismo contemporáneo

De acuerdo con A. Malachowski, el nuevo pragmatismo que se desarrolló en la segunda mitad del siglo pasado es una corriente derivada del pragmatismo clásico, ya que toma de éste la idea de que las disputas filosóficas que parecen intratables o sin una salida definitiva se encaminan cuando se identifican las respectivas consecuencias prácticas de las diferentes perspectivas en cuestión (Malachowski, 2010: 7). Es decir, apela particularmente a James y a Dewey en su tendencia a elevar las cuestiones prácticas concretas acerca de los hechos sobre las consideraciones más teóricas y abstractas. Sin embargo, difiere de éste en dos aspectos centrales: en primer lugar, evita hablar de la experiencia y la sustituye por el lenguaje, en consonancia con el giro lingüístico; en segundo término, abandona la idea de método científico como un modelo para la investigación que maximiza la posibilidad de encontrar verdades. En otras palabras, sigue el giro lingüístico para el análisis del pensamiento, pero a diferencia del resto de la filosofía analítica, no da prioridad al lenguaje científico o al empirismo, que prevalece en el estudio de éste (Malachowski, 2010: ix). Por tanto, se inclina a ver el pragmatismo clásico como un borrador que da luz y guía sobre las cuestiones fundamentales, más que un mapa detallado. James y Dewey son figuras de inspiración más que proveedores de toda una propuesta o metodología (Malachowski 2010: 13). Por lo tanto, el nuevo prag-

matismo está enraizado en su origen al pragmatismo clásico, pero a la vez presenta un punto de partida novedoso.

Asimismo, este nuevo pragmatismo se siente atraído en general por las ideas que conectan con el falibilismo y el antifundacionismo, de tal forma que ofrece una noción de la verdad que no depende del concepto de *mente* o de una realidad independiente de las prácticas sociales. Tomando en serio la tradición que depuso al pragmatismo clásico, usó algunas de sus visiones del lenguaje como fuente para saltar más allá de las viejas dificultades filosóficas. A partir de una visión del conocimiento de este como un tejido para arreglárselas con el mundo, más que como un medio de representación, el nuevo pragmatismo desecha los intermediarios perpetuos de la filosofía, como las ideas, sensaciones, imágenes, en el sentido moderno. Con ello da la espalda a un conjunto de problemas que resultaban fundamentales en dicha tradición. Con ello deja atrás al pragmatismo clásico en sus compromisos con el empirismo y su correspondiente dependencia de la experiencia (Malachowski, 2010: 29).

En definitiva, este nuevo enfoque es una forma de pragmatismo ya que a pesar de separarse de él, sigue inspirado por él y es guiado por su máxima de que una diferencia que no se manifieste en la práctica no es diferencia auténtica. No obstante, propone una sofisticación historicista que no tenía el pragmatismo clásico, con la cual evita una parte de la tradición filosófica, criticando los intentos de evocar verdades eternas y de trascender la historia. Es decir, el nuevo pragmatismo se distingue del clásico porque ha sido capaz de proponer nuevos temas y preguntas, impidiendo ser llevado siempre al terreno de discusión de sus críticos. Por tanto, ese talante historicista del que hace uso le permite entender que los cambios filosóficos significativos raramente siguen una trayectoria suave que se guía exclusivamente por argumentos compartidos. Como resultado de esta actitud, la abrupta discontinuidad entre su agenda y aquella de la tradición de la cual busca separarse no es algo que le preocupe demasiado, sino que más bien intenta cortar con el pasado y aprender de su lección (Malackowski 2010: 30).

Por todo lo anterior, este nuevo pragmatismo se fue consolidando como un movimiento motivado por el pragmatismo clásico, pero que adquiría autonomía propia. Dentro de él, existen muchos matices y diferencias muy relevantes, Rorty en particular articula un pragmatismo que, como dijimos en la introducción, se vuelve particularmente radical en su antifundacionismo y antiesencialismo, y que le llevará a sostener numerosos y polémicos debates. Comenzaré a trazar su perspectiva epistemológica resumiendo su crítica a la epistemología moderna para después articular el panorama con el que sustituye dicha crítica, y con él, sus objetos que emergen de dicho panorama.

## Rorty y su reflexión en torno a la epistemología

Rorty nació en 1931, en Nueva York, asistió a la Universidad de Chicago y en 1956 se doctoró en Yale. En 1961 pasó de su primer puesto de profesor en Wellesley College a la Universidad de Princeton, donde enseñó durante veinte años. Después pasó otros quince años en la Universidad de Virginia hasta 1998, antes de ocupar su último puesto en el Departamento de Literatura Comparada en la Universidad de Stanford, que dejó a los 73 años para abandonar definitivamente su labor docente. Murió el 8 de junio del 2007.

Hacia el inicio de su carrera el norteamericano se ocupó del problema filosófico de la mente, acerca de la cual elaboró una perspectiva materialista que sugería abandonar una cuestión fundamental en el área: la explicación de la relación entre sensaciones y procesos cerebrales. En términos generales, de acuerdo con Rorty, el lenguaje es asociado con las sensaciones, consideradas por el empirismo clásico como la materia prima del conocimiento, sin embargo, su análisis sospechará del papel epistémico de estas entidades y sugerirá, más bien, que se encuentran destinadas a desaparecer del discurso acerca de lo mental y del conocimiento. Es decir, aunque pueden permanecer por alguna cuestión de interacción o uso social, no tienen un papel en una explicación filosófica apropiada de la naturaleza de la mente

(Malachowski, 2010: 37). Esta visión representará la primera semilla del cuestionamiento epistemológico que caracterizará su obra de los próximos años.

Esta perspectiva fue madurando a través del giro pragmatista que aparece articulado en su famosa obra *La filosofía y el espejo de la naturaleza* de 1979. En este texto el principal giro es metafilosófico, puesto que presenta el proyecto epistemológico moderno, en su forma lingüística heredada al siglo XX, como histórico y opcional, pero, sobre todo, como un proyecto agotado para las necesidades de la cultura contemporánea. Con ello expone un pragmatismo post-analítico, cuyo objetivo central es debilitar la propia idea de la mente como algo relevante para el análisis filosófico actual y con ello la idea del conocimiento como algo sobre lo que se tiene que hacer una teoría; una teoría que tiene fundamentos.

La perspectiva desarrollada en *La filosofí*a tiene como proyecto general cuestionar la idea de que los problemas de la filosofía son atemporales y, en particular, la idea de que la filosofía tiene que ocuparse de desvelar un marco neutral y permanente para toda investigación y conocimiento, que proporcione condiciones ahistóricas de cualquier desarrollo histórico. Para ello, intenta deconstruir la imagen normativa y centrada en la epistemología de la disciplina, así como cambiar la forma en que los filósofos la practican y describen. Su estrategia, como dijimos, consiste en mostrar estos problemas como producto de un desarrollo histórico específico, cuya contingencia muestra que no son atemporales (Forster, 2004: 157-8). En particular, el norteamericano elabora una genealogía de cómo se generaron los problemas que dieron lugar a la teoría del conocimiento moderna. Posteriormente, deriva de su crítica la contrapropuesta de abandonar la problemática acerca del fundamento epistemológico, porque tales problemas han perdido pertinencia, idea que constituye el hilo conductor de la posición que defenderá a partir de entonces, que a su vez integrará y enriquecerá con otros autores e ideas.

En definitiva, Rorty se propone liberar a la filosofía moderna de sus problemas sobre la certeza y la necesidad, algunos de los cuales se encontraban ya presentes antes de ésta. Para ello, hace uso de una interpretación bastante libre, incluso a veces polémica, de autores de diversas tradiciones. Por lo tanto, su destreza no consiste en darles solución ni ofrecer demasiados detalles en torno a ellos, sino consiste en tejer una narrativa en la que estos problemas no son inevitables, como hemos dicho, y dar una perspectiva donde no vale la pena responderlos. El norteamericano intenta mostrar que los problemas de la filosofía no trascienden al tiempo y al azar, sino que aparecen, desaparecen o cambian de forma como resultado de las suposiciones y los vocabularios elegidos. Por tanto, están enraizados en circunstancias socio-históricas y presenta un relato en el cual pretende mostrar el hecho de que las cosas pudieron haber sido diferentes.

Consecuentemente, la historia que construye en este texto no es una explicación definitiva ni detallada de la historia relevante. Su objetivo no es la precisión de la narrativa filosófica moderna que centra en Descarates, Locke o Kant: lo importante de su narración es discutir si el fenómeno de la contingencia tiene implicaciones en la evolución de los problemas filosóficos (Malachowski, 2002: 17). En suma, la interpretación de Rorty sobre la epistemología moderna busca una explicación alternativa "deflacionaria" de lo que pasó en la historia de la filosofía, evolucionando de una forma determinada por circunstancias fortuitas (Malachowski, 2002: 46).

Así, dicha interpretación es producto del contacto íntimo con el pragmatismo clásico, sobre todo con el instrumentalismo de John Dewey y el pluralismo de William James, de la influencia de las visiones de filósofos analíticos como Willard V.O. Quine, Wilfrid Sellars y Donald Davidson, pero también de familiarizarse con la filosofía centro-europea de Martin Heidegger, Michel Foucault, Hans-Georg Gadamer o Friedrich Nietzsche, iniciando un trabajo de integración entre tradiciones, atractivo y polémico, que marcará el resto de su obra y talante filosófico. En este texto, se sitúa en la línea que vincula, por una parte, el pragmatis-

mo norteamericano con la crítica al esencialismo y al representacionismo de los post-analíticos y, por otra, con la filosofía postnitzscheana de Wittgenstein y Heidegger que inicia un impulso literario como camino de la reflexión.[41]

Esta labor derivó en un proyecto que eventualmente adquirió independencia de casi cualquier tradición filosófica y que se caracterizó por su desapego de la metafísica. Rorty logra un diálogo con las grandes corrientes filosóficas para construir una narrativa que procura, no resolver los grandes problemas en la historia de la filosofía, sino discutir su utilidad cultural y, en ocasiones, plantearse nuevas perspectivas en la labor filosófica.

En este análisis, Rorty señala una continuidad entre la premodernidad y la modernidad, así como una ruptura clara a partir de la posmodernidad[42]. Por tanto, su crítica le sitúa dentro de esta última. Sin embargo, comparado con otros pensadores posmodernos, Rorty aparece notablemente consistente en su intento por abandonar las suposiciones básicas del pensamiento moderno. Considera que la modernidad falla o está desfasada para resolver nuestros problemas contemporáneos, consideración que no aparece en las tesis de algunos de los autores de que echa mano, como son Dewey, James o Quine, a los que resulta difícil incluir dentro del proyecto posmoderno (Dupré, 1993: 277).

Como resultado, la crítica central en *La filosofía y el espejo de la naturaleza* es el proyecto epistemológico moderno del conocimiento como representación de la realidad, y el hombre como representador, con esencia de vidrio, como él lo llama. Para que en la historia se consolidara esta guía de la labor filosófica y nuestras intuiciones culturales los siguientes siglos, Rorty reconstruye tres elementos *grosso modo*: el origen de la

---

[41] La crítica de Rorty al cientificismo moderno derivará en una apropiación de la idea de que es la literatura, y no la ciencia o la epistemología, la que debe ocupar el centro de la cultura.

[42] Si bien el término posmodernidad puede ser equívoco, aquí me refiero a una crítica y ruptura con el escenario epistemológico moderno que hemos esbozado.

mente cartesiana, como *espacio interior* de nuestras representaciones que exigen un fundamento que garantice su fidelidad con lo real; el giro empírico de Locke de dicha mente cartesiana que confundió las causas (los estímulos) con justificaciones de nuestras creencias (las impresiones sensoriales), fungiendo como fundamento de nuestras representaciones; y la síntesis kantiana que pretendía establecer las reglas permanentes para *acceder* a los objetos. Junto con ella, Kant preservó la idea de representación, el espíritu de la distinción lockeana entre esencia nominal y esencia real en las nociones de fenómeno y "la cosa en sí", conservando la idea de lo incognoscible como un límite metafísico del conocimiento.

De acuerdo con Rorty, Kant convirtió la doctrina cartesiana de 'nada es tan fácil para mi mente que conocerse a sí misma' en 'sólo podemos conocer *a priori* aquello de las cosas que nosotros ponemos en ellas'. Como resultado del discurso kantiano, desde entonces se busca una estructura predeterminada para toda investigación, lenguaje o estructura social posibles. Esta búsqueda es la labor de la filosofía como 'tribunal de la razón', como ciencia del conocimiento que estructura el resto de las ciencias, dando su fundamento y los principios generales de toda cientificidad.

*La filosofía* critica la idea de mente como algo esencialmente no material y exclusivamente humano que es capaz de tener representaciones internas sobre el mundo externo. En segundo lugar, el conocimiento como un proceso o facultad singular y único, mediado por estas representaciones a través de una estructura basada en conjunto de fundamentos que lo justifican. Finalmente, la filosofía como una disciplina diferente al resto de las ciencias, en tanto proporciona la estructura general del conocimiento y, por tanto, capaz de obtener conocimiento que no es empírico y corregible, sino trascendental (Nehamas, 2003: 397-8).

En el fondo lo que vincula, nos muestra Rorty, la filosofía contemporánea con la tradición de Descartes-Locke-Kant (por lo menos) es la idea de que la actividad humana se produce dentro de un marco previo a la investigación (Rorty, 2001: 17-18). Dicho marco sólo tiene sentido si se impone por la naturaleza del sujeto que conoce, por la naturaleza

de sus facultades o del medio. En otras palabras, pretende decir de antemano cómo se conocen los objetos para constituir reproducciones abstractas de la realidad, lo cual absolutiza de una forma u otra el proceso mismo del conocimiento (Heal, 1990: 102).

De tal forma que, dentro de esta problemática, la filosofía se propone dictar la naturaleza del conocimiento como una relación especial entre el mundo y la mente. A su vez, con ello se presenta como un discurso normativo de las pretensiones de la ciencia, la moralidad, la política, el arte o la religión. Es decir, conocer la forma en que se construyen las representaciones de la realidad posibilita a la filosofía calificarlas y clasificarlas, asignándoles su función en la cultura. Por lo tanto, la tarea filosófica de caracterizar las representaciones termina por dividir a la cultura en áreas que hacen buenas representaciones del mundo o no, lo cual, a su vez, les asigna un grado diferente de realidad. Cada objeto del discurso posee un nivel ontológico dependiendo si se corresponde o no con lo real.

Este escenario se hereda fundamentalmente a la filosofía analítica, que se caracteriza por considerar que la representación es lingüística más que mental, por lo que la filosofía del lenguaje es ahora el área que contiene los fundamentos del conocimiento. Este proyecto, en continuidad con el moderno, se empeñó en caracterizar la estructura del lenguaje, asegurando dentro de él, la posibilidad de capturar las características del mundo. Es decir, insistió en el marco de referencia permanente para la investigación, ahora lingüístico, que se corresponda con la realidad.

En cualquier caso, la idea de representación presupone la dicotomía entre conceptos (representaciones) y contenido no contaminado por ellos (mundo), y una idea de la verdad como correspondencia entre ambos. Asimismo, en este proceso, a grandes rasgos, de una forma u otra, se propone una racionalidad *a priori* y universal que posibilita penetrar en la realidad tal como es. Lo racional conduce a la verdad, a la correspondencia de la realidad. En suma, el problema es relacionar mundo y representaciones epistemológicamente, haciendo una mezcla de fisiología y metafísica que ha resuelto el conocimiento como algo necesitado

de fundamentos, lo que genera un conjunto de dualismos equivalentes como el de esquema-contenido, mente-mundo, necesario-contingente, apariencia-realidad o sujeto-objeto. Como resultado, el hombre concebido como "Espejo de la Naturaleza" es un proyecto intelectual que progresivamente se ha alejado de otras actividades como seres vivos y que nos distingue como humanos.

Una vez esbozado el escenario, Rorty va rechazando las premisas de este planteamiento, comenzando por el dualismo mente-cuerpo. La idea de entidades mentales como no espaciales se puede reducir a aceptar un término lingüístico, como dijimos, al dominio de un vocabulario que responde a un contexto particular. La diferencia entre sensación y estados neurológicos simplemente se refiere a la red lingüística a la que uno pertenece, es decir, se puede usar el lenguaje de lo mental en tanto es conveniente, pero no supone una diferencia ontológica con un estado neurológico. Rorty piensa que de haber sido más fácil entender el cuerpo nadie habría pensado que teníamos mente. También, considera que ignorar dicho problema significaría la eliminación de todo el desarrollo posterior que dio origen al problema moderno de la epistemología. Es decir, si eliminamos las concepciones de idea, percepción o representación mental que se originaron en la tradición moderna, entonces el problema del conocimiento como fundamento pierde sentido e interés.[43]

Ya resumimos las críticas que elabora a los planteamientos modernos (Descartes-Locke-Kant) y que posibilitaron, de acuerdo con él, la noción del conocimiento como representación. No obstante, la sospecha hacia la idea misma de fundamento exige una crítica más profunda que Rorty hace a partir de los planteamientos de filósofos analíticos como Quine, Sellars y Davidson[44] (aunque este último aparece en es-

---

43 Se puede ver a este respecto el capítulo 2 de *La filosofía y el espejo de la naturaleza* titulado "Personas sin mente" (2001).

44 Por cuestiones de espacio y para los propósitos que aquí me he propuesto, no voy a desarrollar las tesis que Rorty recupera de estos filósofos, me limitaré a sintetizar su reinterpretación de ellos, para llegar a su propuesta epistémica.

critos posteriores a *La filosofía*). Las tesis de estos tres pensadores analíticos, en términos ya del lenguaje, permiten reinterpretar a Rorty bajo una posición claramente antifundacionista. En primer lugar, recupera de Quine su crítica a la distinción "analítico-sintética" expuesta en su famoso artículo "Los dos dogmas del empirismo" de 1951. El holismo epistemológico que Quine desarrolla en este texto establece que no hay una clara distinción entre cuestiones de significado y cuestiones de hecho. Rorty establece entonces que no existe una clara distinción entre lenguaje y hecho que conecta con la idea wittgensteniana de que el significado es o se instituye por el uso del lenguaje y con la perspectiva del pragmatismo clásico de las oraciones como disposiciones conductuales.

En segundo lugar, sigue la crítica de Sellars al conocimiento directo o el llamado "mito de lo dado" que elaboró en 1956, estableciendo la tesis de que todo conocimiento es lingüístico y, por tanto, inferencial. De tal forma que las creencias siempre están justificadas por creencias y no por sensaciones, estímulos o las causas de éstas. En tercer lugar, sigue a Davidson cuando lleva más lejos el reproche al escenario de la epistemología moderna en su crítica a la distinción entre esquema (lenguaje) y contenido (mundo), así como la noción de correspondencia. Además, establece una relación interdependiente entre creencia, significado y verdad que hacen de esta última una noción primitiva que no exige una teoría epistemológica.

La conclusión que se sigue para Rorty, es que la noción de fundamento último del conocimiento pierde todo sentido. Puesto que nuestro lenguaje está entretejido con el mundo en forma de disposiciones conductuales que se instituyen con el propio uso del lenguaje y que no se corresponden o contrastan con el mundo, sino que son instrumentos para andar en él que se justifican a partir de otras creencias y de su eficiencia práctica.

Hemos llegado finalmente, a la noción de conocimiento que Rorty defenderá y que le permite caracterizar a la ciencia y sus objetos. El conocimiento es un instrumento que nos permite sobrevivir al entorno, de formas cada vez más diversas y sofisticadas; las creencias son

hábitos de acción, como dice el pragmatismo clásico, pero se encuentran ya articuladas en la perspectiva rortiana desde la premisa de que el pensamiento es lenguaje. El lenguaje es una práctica social que cambia con nuestras necesidades y soluciones, y que sólo se justifica con otras oraciones. Por lo tanto, el conocimiento es un instrumento eficiente, pero histórico y contingente, siempre falible y mejorable, que no exige fundamentos últimos ni elementos permanentes. Con esta caracterización Rorty intenta eliminar cualquier elemento metafísico, universal y *a priori* del conocimiento. Ello es lo que hace tan original, pero también polémica su propuesta.

A continuación, voy a resumir las consecuencias centrales de esta concepción, que me serán útiles para analizar el caso de la física que nos interesa. Voy a centrarme en las características epistemológicas centrales que son asociadas con la ciencia y después voy a profundizar en el concepto de ciencia que el mismo Rorty desarrolla. Como resultado, pretendo mostrar un concepto de objeto científico que luego pondré en relación con los objetos de la interpretación de Copenahgue.

## Minimalismo epistemológico

Para profundizar en la imagen que Rorty sugiere como sustituta de los problemas clásicos de la teoría del conocimiento, voy a esbozar algunos conceptos que se derivan de su crítica y que desarrolló en diversos textos posteriores, casi todos, a *La filosofía y el espejo de la naturaleza*. Me voy a centrar en su caracterización general de los conceptos de lenguaje, verdad, objetividad, racionalidad y método, aunque ya he dejado ver tesis centrales de estos en el apartado anterior. He elegido dichos conceptos porque resultan cruciales para construir una imagen de la ciencia y sus objetos. Una vez presentada dicha imagen, me centraré en sus consecuencias ontológicas y culturales. Como ya he dicho al inicio, no seré exhaustiva ni demasiado técnica con la caracterización, no obstante, cuando interprete los objetos cuánticos usando esta perspectiva tendré oportunidad de profundizar o matizar algunas cuestiones puntuales al respecto.

### *El lenguaje como herramienta*

Como ya hemos dicho, Rorty sigue la perspectiva del *giro lingüístico*, según el cual el pensamiento mismo es lenguaje. Es heredero de la perspectiva inferencialista de Sellars en la que la conciencia y el conocimiento son fenómenos lingüísticos. Por lo tanto, resulta esencial describir con algo de detenimiento la perspectiva del lenguaje que antes esbocé. En tanto la ciencia es un lenguaje particular, los problemas filosóficos que Rorty disuelve o "abandona" nos permiten cuestionarnos la pertinencia de algunas controversias respecto de la mecánica cuántica.

La significación de las palabras, la forma en que damos sentido a nuestra conducta lingüística resulta fundamental para entender la forma en que justificamos nuestras creencias y, por tanto, entender el conocimiento. Es por ello que a continuación sintetizaré las líneas generales sobre su concepción y los elementos básicos en que se constituye la práctica lingüística.

La cuestión central para elucidar esta perspectiva consiste en sustituir, como ya hemos mencionado, la relación representativa entre lenguaje y mundo, así como la del lenguaje como medio entre nosotros y la realidad, por la de la herramienta que constituye una práctica social. Para llevar hasta sus últimas consecuencias dicha sustitución Rorty echa mano principalmente, si bien no exclusivamente, de dos autores: Davidson y Wittgenstein.

De acuerdo con su selección de los pasajes de Wittgenstein en las *Investigaciones filosóficas* que permiten interpretarlo pragmáticamente, estos posibilitan evitar la condición del lenguaje como un medio para el conocimiento, y ello, a su vez, socava la incansable búsqueda por especificar cómo *anclamos* nuestros términos lingüísticos con el mundo (dicho de otro modo, en qué sentidos un término representa *algo* del mundo). Además, dado que la tradición moderna estableció a la ciencia como el lenguaje que representa lo "realmente real", esta nos indicaba tradicionalmente los puntos de *anclaje* de que disponemos (Rorty 2010: 282). Desde esta perspectiva se ha buscado una caracterización permanente del lenguaje, insistiendo en condiciones universales para cualquier des-

cripción posible como sustituto del marco permanente y ahistórico de la investigación que se consolidó durante la modernidad. Esta imagen del lenguaje implica lo que John Mc Dowell ha descrito como una perspectiva “externa” o “de perfil” del lenguaje, calificándola como una empresa imposible y, por tanto, una mala metáfora para pensarlo. Dicha crítica coincide con la idea de Putnam de que solo podemos acceder al mundo desde el propio lenguaje; así que la idea de independencia de éste es equivalente a ver el mundo “desde ninguna parte”, lo que resulta imposible.

Efectivamente, para Rorty, abandonarla también nos exime de tener que responder qué elementos de nuestro lenguaje se encuentran anclados a la realidad y cuáles no, lo que en el terreno del conocimiento y la ciencia nos permite deshacernos de un conjunto de problemas sobre tales vínculos, como el del escepticismo, el idealismo o el realismo, algunos de los cuales dan sentido al debate sobre la mecánica cuántica, como veremos más adelante.

Ahora bien, la apropiación rortiana de un Wittgenstein pragmático se complementa con otro conjunto de tesis de la vertiente inferencial. Ya hemos dicho que Rorty es influido por Quine, Sellars y particularmente por Davidson en su crítica al empirismo. Por lo tanto, rechaza la dicotomía entre esquema (lenguaje) y contenido (mundo), por lo que no tiene sentido la idea de confrontar palabras y objetos, sino la de usar las primeras para tratar con los segundos. Este hecho muestra la sustitución de la metáfora del *espejo*, por la de la *herramienta*. En sus palabras:

> Los dos filósofos [Wittgenstein y Davidson] tratan a los léxicos alternativos más como herramientas alternativas que como piezas de un rompecabezas. Tratarlos como piezas de rompecabezas equivale a suponer que todos los léxicos son prescindibles, o reducibles a otros léxicos, o susceptibles de ser reunidos con todos los otros léxicos en un único gran superléxico unificado. Si evitamos esa suposición, no nos sentiremos inclinados a plantear cuestiones tales como ¿cuál es el lugar de la consciencia en un mundo de moléculas?, ¿los colores dependen de la mente más que los

> pesos?, ¿cuál es el lugar de los valores en un mundo de hechos?, ¿cuál es el lugar de la intencionalidad en un mundo causal? ¿cuál es la relación entre la sólida mesa del sentido común y la mesa endeble de la microfísica? o ¿cuál es la relación entre lenguaje y pensamiento? […] Deberíamos limitarnos a cuestiones como ¿obstaculiza el uso de estas palabras el uso que hacemos de aquellas otras? Esta es una cuestión acerca de si el uso de nuestras herramientas es ineficaz, no una cuestión acerca de si nuestras creencias son contradictorias (Rorty, 1991: 32).

Estas consideraciones ponen en duda la utilidad de la noción general del lenguaje como medio entre el yo y la realidad que antes apuntamos: "ese medio que los realistas ven tan transparente cuanto opaco ven los escépticos" (Rorty, 1991: 34). Por el contrario, Davidson como Wittgenstein conciben el lenguaje como un conjunto de marcas y sonidos que producimos para hacer frente a las cosas y entablamos comunicación cuando logramos entender la forma en que el otro hace lo propio.

En este sentido, si no podemos separarnos del lenguaje para explorar el mundo, nuestra perspectiva está necesariamente condicionada por nuestra interacción con él, pero nuestra interacción a su vez depende de y genera un conjunto de valores e intereses que dirigen nuestras prácticas (Rorty, 2000a: 65). Por tanto, el lenguaje tiene un carácter activo, histórico e *interesado* o axiológico, no hay una relación entre éste y el mundo que no esté sujeta al contexto en el que se realiza la interacción, una interacción dirigida y motivada. De esta forma, el lenguaje es una guía conductual; un instrumento para resolver problemas, cuyas oraciones son consideradas verdaderas por su utilidad dentro de una práctica social determinada.

Esta perspectiva tiene importantes contrastes con la imagen del lenguaje como reflejo o *anclaje* a los objetos. La concepción pragmatista e instrumental del lenguaje implica que en la medida en que la investigación, los fines y la interacción se transforman, se van formulando nuevas formas de hablar de los objetos, por lo que no hay ni hace falta un lenguaje unificado o una relación consistente entre nuestros léxicos.

Rorty se apropia de las tesis del segundo Wittgenstein para decir que todo vocabulario se constituye a través de las condiciones particulares para posibilitar la comunicación. La significación depende de la práctica lingüística, sin un punto de referencia permanente, debido a que la descripción de los objetos depende siempre de necesidades cambiantes, no obstante, clarifica: "No se trata de una *teoría del significado basada en el uso*, sino más bien de una forma de rechazar la idea de que necesitamos disponer de un método con el cual determinar los significados". Y más adelante afirma:

> Las máximas wittgensteinianas sugieren a sus intérpretes pragmáticos que para conferir significado a una enunciación cualquiera basta con criticarlas ásperamente durante un periodo lo suficientemente prolongado, y que las formas empleadas para dicha adjudicación de significado son más o menos predecibles. Es posible distinguir formas más útiles de hablar de aquellas que resultan menos productivas y por consiguiente podemos diferenciar entre mejores y peores teorías científicas y filosóficas (Rorty 2010: 301).

En suma, la característica relevante para el lenguaje es la utilidad, no la correspondencia con la realidad, ni la permanencia de estructuras o términos. El lenguaje es parte de la conducta como producto de la interacción de los objetos, una herramienta que nace del trato con el mundo. Estos elementos nos proporcionarán algunos criterios para valorar el cambio de significados en las categorías de la teoría cuántica.

Ahora bien, como dichas marcas y sonidos son producto de la investigación, no sólo alcanzamos fines, sino que los socializamos. La comunicación como función del lenguaje tiene que ver con usar instrumentos compartidos para satisfacer necesidades comunes. No existe la mejor explicación o descripción de algo, en abstracto, sólo en relación a un fin. De este modo, el pragmatismo rortiano considera que los intentos por encontrar un punto de vista natural, anterior e independiente de la manera de hablar, ha fracasado. Dicho fracaso se atribuye a que no

existe forma de separar los términos evaluativos de un lenguaje de los no evaluativos. Ya vimos cómo Dewey cuestiona la dicotomía entre hecho y valor. Por lo tanto, no hay un lenguaje neutral que permita medir o comparar todos los vocabularios.

No obstante, cabe aclarar, existe por supuesto una continuidad causal entre la experiencia con un mundo independiente del lenguaje, pero los estímulos causan un juego lingüístico que se traduce en hábitos más o menos eficientes. Si entendemos las reglas de un juego lingüístico, en términos wittgenstenianos, es suficiente para saber las causas que hacen dicho juego posible. Estos juegos son híbridos en el sentido que incluyen las causas para formular oraciones, a saber, lo estímulos del mundo, así como una elección de respuesta a dichos estímulos, por decirlo esquemáticamente. Por consiguiente, hay tantos hechos como lenguajes correspondientes a distintas elecciones para describir una sola transacción causal (muchas teorías para describir las mismas estimulaciones causales).

Esta descripción del lenguaje me lleva finalmente a dos consideraciones. La primera es que, bajo ella, el cambio de un vocabulario a otro, de una teoría a otra, no se explica en términos de una "mejor correspondencia" con la realidad, como es de esperarse. Siguiendo parcialmente la explicación que proporciona Kuhn sobre el cambio en las revoluciones científicas, Rorty piensa que los cambios culturales de gran envergadura no resultan de la aplicación de criterios, puesto que no existen criterios neutrales para todo léxico, pero tampoco son producto de la arbitrariedad. Más bien se trata de un desuso paulatino del viejo vocabulario, que va instituyendo los nuevos criterios de elección. El cambio consiste más en construir una redescripción útil y persuasiva:

> […] volver a describir muchas cosas de una manera nueva hasta que se logra crear una pauta de conducta lingüística que la generación en ciernes se siente tentada a adoptar, haciéndoles así buscar nuevas formas de conducta no lingüística […] Este tipo de filosofía no trabaja pieza a pieza, analizando concepto tras concepto, o sometiendo a prueba una tesis tras otra.

> Trabaja holística y pragmáticamente. Dice cosas como: "Intenta pensar de este modo", o, más específicamente, "Intenta ignorar las cuestiones tradicionales, manifiestamente fútiles, sustituyéndolas por las siguientes cuestiones, nuevas y posiblemente interesantes". No pretende disponer de un candidato más apto para efectuar las mismas viejas cosas que hacíamos al hablar a la antigua usanza. Sugiere en cambio, que podríamos proponernos dejar de hacer esas cosas y hacer otras. Pero no argumenta en favor de esa sugerencia sobre la base de los criterios precedentes comunes al viejo y al nuevo juego del lenguaje. Pues en la medida en que el nuevo lenguaje sea realmente nuevo, no habrá tales criterios (Rorty, 1991: 29).

Dicha consideración tiene importantes consecuencias para pensar el lenguaje científico, puesto que ha sido el lenguaje prototípico donde se "representa mejor" o que se corresponde con la realidad, como ya dijimos, y cuyo debate en torno a los criterios del cambio ha mantenido viva, en buena parte, la discusión filosófica. Como consecuencia, esta perspectiva lleva a Rorty a adoptar la sugerencia de Mary Hesse sobre la idea de que las revoluciones científicas son "redescripciones metafóricas" de la naturaleza antes que intelecciones de la naturaleza intrínseca de la misma. Por tanto, también a oponerse a la idea de que la biología o la física se acercan de alguna forma a las cosas mismas o que son menos dependientes de la mente, la historia o la cultura que otros léxicos (Rorty, 1991: 36).

Intentaré mostrar en el siguiente capítulo que esta descripción del cambio de un léxico puede ilustrar el cambio en la teoría cuántica y que adoptar dicha perspectiva evita un conjunto de polémicas sobre los términos y significados en la misma.

Una segunda cuestión implicada de forma inmediata en esta descripción del lenguaje es el de la referencia. Si la relación entre las palabras y mundo no es de correspondencia, ¿cómo sabemos que los términos de un vocabulario o teoría realmente refieren a entidades en el mundo? ¿Cómo se sabe que estas entidades *son* como mis descripciones dicen? Para el pragmatismo dicha preocupación solamente se debe a una con-

fusión entre la búsqueda semántica de una teoría general sobre lo que hablan las personas y la búsqueda epistemológica para asegurar que hablamos de entidades no ficticias. Pero una vez que nos hemos desembarazado de la perspectiva representacionista del lenguaje estas preguntas dejan de tener sentido, porque en la versión instrumentalista sólo tenemos relaciones entre palabras y mundo que se usan de manera concreta para fines concretos, no *ganchos* que se corresponden con entidades de la realidad.

Llevando la tesis instrumentalista en toda su radicalidad, si abandonamos la noción de isomorfismo entre lenguaje y mundo, a saber, la dicotomía entre esquema y contenido, entonces pierde sentido la pregunta de si el objeto se corresponde o es realmente como mis términos descriptivos indican. De acuerdo con Davidson, cualquier propiedad del objeto puede, bajo consideraciones adecuadas, considerarse el identificador relevante de un término (Davidson, 2003: 95). En un lenguaje particular, la referencia generalmente se fija con la historia de cómo la palabra ha sido adquirida, en la medida en que la propiedad que lo identifica en un momento dado es una relación, histórica y temporal, que puede transformarse.

Así, ya que las descripciones en un lenguaje son relaciones establecidas en relación con los objetos en función de propósitos particulares, ninguna de éstas es una relación consigo mismo o con su esencia; ninguna es más real en tanto que opuesta a aparente, pero sí más útil que otras dependiendo de los objetivos trazados. Ello coloca a Rorty en el plano del antiesencialismo (ontológico) que mencionamos en la introducción. En sus palabras: "sólo se puede defender la tesis de que existen rasgos intrínsecos, no relacionales de los objetos si se está en condiciones de afirmar que conocer estos rasgos no es lo mismo que saber cómo se usan las palabras que uno emplea para describirlas" (Rorty, 2000a: 137).

En general, la relación entre palabras y mundo se ha de entender entonces en términos de su uso, y no un vínculo permanente con la realidad. La capacidad para identificar y tratar objetos basta para la comunicación, independientemente de que dichos objetos sean literal-

mente e intrínsecamente como nuestras descripciones nos los presentan. En suma, se trata de conservar la noción semántica, en torno al significado y desechar la epistémica en torno al *anclaje*. El hecho de que podamos mantener una conversación coherente e inteligible acerca de algo es signo de tener la descripción que identifica el objeto de la misma y saber qué cuenta como evidencia favorable o en contra de lo que se afirma.

Una ontología desde la perspectiva clásica de los objetos se propondría distinguir entre los elementos convencionales y las cuestiones de hecho que no son relativos a la descripción. No obstante, si consideramos la tesis de Quine en manos de Rorty, resulta imposible distinguir claramente cuestiones lingüísticas (de significado) y cuestiones fácticas (de hecho). Por lo tanto, conocer los rasgos de los objetos es equivalente a usar las palabras que empleamos para describirlos.

Los objetos, análogamente a cuando se habló de creencias, son narraciones, y cada una de ellas es una descripción particular. Su identidad está dada por una descripción que se corresponde con una relación determinada en un contexto particular. La idea del objeto al margen del lenguaje se convierte en un sinsentido que el pragmatismo pretende dejar de discutir: "También creemos que no tiene objeto preguntar, por ejemplo, si los neutrinos son entidades reales o meras ficciones heurísticas útiles. Es esta clase de cosas lo que queremos dar a entender al decir que carece de objeto preguntar si la realidad es independiente de nuestro modo de hablar de ella" (Rorty, 2000a: 100).

Ahora bien, enfatizamos una vez más, ello no implica que nuestras descripciones son arbitrarias. Las presiones causales existen al margen del uso del lenguaje, por lo que ellas mismas nos ponen límites a la arbitrariedad. No es que el lenguaje constituya algunos objetos y otros no, sino que en algunos contextos es más fácil el acuerdo y la comunicación. Simplemente existen más pautas conductuales compartidas.

### *La verdad como justificación*

El siguiente concepto que exige una reconsideración respecto del canon

moderno es el de la verdad. Es fácil ver las implicaciones que se derivan de esta concepción instrumental del lenguaje en relación con la verdad. En primer lugar, hay que recordar que ésta es una propiedad de las proposiciones y, en tanto, éstas no tienen un carácter representativo de la realidad, los signos de verdad tampoco son algo que está "afuera" independiente de la mente o lenguaje humanos con lo que éste deba corresponderse de alguna forma. Así mismo, de acuerdo con lo que hemos dicho en los párrafos anteriores, en el pragmatismo de Rorty el tema de la intrinsicidad de los objetos es un tema sin interés que no añade nada o modifica nada importante en la práctica. Somos capaces de establecer descripciones de los objetos del mundo sin necesidad de hacer preguntas sobre cuáles de sus propiedades son accidentales y cuáles necesarias. Adoptar este punto de vista es indicativo de abandonar la insistencia en que lo que caracteriza al conocimiento es la certeza, en el sentido cartesiano, que erigió la fase metafísica en la filosofía moderna, y así concebir las cosas sin naturaleza intrínseca. Por tanto, sin esencia y sin representación, la verdad entendida como correspondencia no tiene ya sentido.

Rorty también usará como herramienta teórica central la propuesta de Davidson: si los estímulos de mundo son causas de nuestras creencias, entonces una teoría de la verdad permite establecer una explicación de las relaciones causales entre el entorno y las afirmaciones que sostenemos acerca de él, pero este criterio sólo puede ser explicitado para un lenguaje concreto. Una teoría de la verdad no explica la relación entre palabras y mundo, sino traza la relación entre unas partes de una práctica social que es *usar oraciones*, y otras partes del mundo que ocurren, pero ello exige considerar la interacción entre el mundo, el intérprete y el hablante. En esta relación, las oraciones que expresan nuestras creencias acerca de los objetos se justifican, no debido a una relación especial con ellos (representativa o isomórfica), sino por una cuestión de práctica social que habilita la comunicación.[45] Los léxicos

[45] De acuerdo con Davidson, se requiere un amplio consenso en torno a las creencias para poder hacer posible la comunicación e inteligible la conducta del hablante (Prin-

que adoptamos nos permiten volver más coherentes nuestras prácticas y alcanzar mejor nuestros propósitos, pero los criterios que lo posibilitan únicamente dependen de la comunidad en cuestión.

Concretamente, Rorty propone reducir la verdad a justificación, lo que a su vez se conecta con la coherencia práctica y el acuerdo (Rorty, 2000a: 34). En este sentido, la justificación es aceptabilidad para un número cada vez mayor de auditorios. La distinción entre justificación y verdad sólo resulta relevante porque lo que puede estar justificado para un auditorio, podría no estarlo para otro (futuro tal vez). Esta consideración da cuenta de la intuición que tenemos en la que una afirmación podría estar justificada y, sin embargo, no ser verdadera (uso precautorio). Dicha distinción se reduce a considerar la posibilidad de que una oración puede estar justificada en el presente y que en un futuro pueda resultar no ser verdadera porque nuestros parámetros de justificación han sido transformados, pero esa consideración es algo que no tenemos forma de saber cuándo y de qué forma ocurrirá. Por ello, la justificación no reclama una condición metafísica, mientras que la verdad, tal como la entiende un sentido común *representacionista*, sí lo hace.

Así, una vez que se entiende todo lo relativo a la justificación de las acciones y las aserciones relativas a una audiencia se ha entendido todo lo que hay que entender acerca de la verdad (Rorty, 2000a: 34). De tal forma que el conocimiento está constituido por afirmaciones justificadas, pero estas solo pueden ser atribuida por los estándares de una comunidad concreta. No hay evaluación que trascienda toda comunidad posible y que valga para toda autoridad normativa de justificación posible, es decir, los criterios de evaluación son intraculturales e intralingüísticos. Si bien el cambio de criterios de justificación siempre está dado por las ventajas relativas a las alternativas disponibles para un fin en una práctica determinada, los puntos de partida con los que contamos para elaborar tales justificaciones son contingentes y sociales, no naturales y necesarios. Por tanto, la verdad es un concepto que no tiene contenido

cipio de caridad).

fijo en la historia (Forster, 1992: 589), sino es lo que satisface nuestras normas y estándares actuales.

Ello deriva en la radical conclusión de que, Rorty y Davidson piensan que no tiene sentido ofrecer una teoría filosófica de la verdad, sino sólo una explicación sociohistórica sobre el consenso en torno a las creencias, aquellas cosas que como resultado de nuestros consensos sociales nos resulta más o menos difícil abandonar o para lo cual nadie ha tenido una alternativa mejor. En sus palabras: "Los pragmatistas tenemos un concepto igual de pobre de la verdad absoluta y de la realidad tal como es en sí misma que el que tenía la Ilustración de la ira de Dios y del juicio divino" (Rorty 2000a: 105).

Ahora bien, una de las acusaciones comunes sobre esta postura antiesencialista y deflacionista de la verdad en relación con la justificación es la del relativismo. Si bien Rorty pasó mucho tiempo respondiendo a ella y debatiendo al respecto con diversos interlocutores, aquí sólo señalaré brevemente que a mi parecer el argumento más eficiente para disolver la cuestión se encuentra en la crítica de Davidson al tercer dogma del empirismo o dualismo entre esquema y contenido. Esta dicotomía expresa una distinción equivalente y más general entre relativo y absoluto; tal distinción posibilita la afirmación de que la verdad sobre algo es relativa a alguna otra cosa que debe ser absoluta y clara. No obstante, cuando seguimos a Davidson en el rechazo de la primera distinción, evitamos la segunda y con ella la noción de correspondencia. Estos son los elementos, de acuerdo con estos autores, necesarios para darle sentido al problema del relativismo. El relativismo no cabe, afirma el norteamericano, en la medida en que no existe un material "neutro", independiente, esencial, en definitiva, absoluto, respecto de los cuales relativizar la verdad.[46]

[46] A este respecto, la argumentación detallada en contra del relativismo se puede consultar el texto de Davidson *Subjetivo, intersubjetivo, objetivo* (2000), donde lo trata exhaustivamente o el texto de Rorty "Hilary Putnam y la amenaza del relativismo" que está en *Verdad y Progreso* (2000a).

Este carácter absoluto anula a la verdad como meta de la investigación pues se convierte en un elemento metafísico inservible como objetivo epistémico, ya que no tenemos forma de saber qué tan próximos estamos de dicha meta (Rorty, 1996b: 42). Esta idea es equivalente a la afirmación de Putnam acerca de la imposibilidad de "ver el mundo desde ninguna parte" o "través del ojo de Dios". Por el contrario, afirma Rorty: "una vez que Dios y su punto de vista desaparecen, sólo quedamos nosotros y nuestro punto de vista. Lo que Sartre llama un ateísmo coherente […] nos prevendría contra la invención de sustitutos de Dios como la razón, la naturaleza y una materia objetiva en relación con la garantía" (2000a: 77).

Se vuelve evidente entonces que el antifundacionismo de Rorty es un proyecto de secularización de la cultura, de que los vocabularios no tienen autoridades últimas, pero que ello no implica una ausencia de criterios ni arbitrariedad en la selección de creencias, sólo es producto de entender la investigación y el conocimiento como pautas de conducta sofisticadas, pero históricas y condicionadas. La necesidad de justificar nuestras creencias y deseos ante nosotros mismos, ante nuestros iguales y demás agentes, nos somete a un conjunto de normas y la obediencia a esas normas produce una pauta de comportamiento que detectamos en los otros al atribuirles creencias. Pero estas creencias, en tanto reducidas a hábitos de acción, están siempre sujetas a posibles modificaciones, por lo que no existe ninguna creencia exenta de toda duda posible.

Asimismo, entender las creencias como estados atribuidos a un organismo para explicar y predecir su comportamiento, como hace el pragmatismo, y no como representaciones de algo independiente del lenguaje, permite entender la futilidad de las preguntas escépticas acerca de la correspondencia. El escepticismo cobra sentido cuando dudo de la "adecuación" de mis representaciones con el mundo, en parte porque no está claro qué criterio es un indicativo claro de dicha correspondencia. En cambio, valorar si una herramienta es buena o no para algún fin, es un criterio mucho más claro y definible.

Además, como ya dijimos, la mayoría de las creencias está justificada como consecuencia de que el significado de las oraciones conlleva predecibles conexiones de inferencia con respecto a otros enunciados con significado: "Por mucho que lo intentáramos no podríamos sostener muchas creencias que no pudiéramos entretejer con muchas otras en una trama justificadora" (Rorty, 1993a: 16). Pero este criterio se circunscribe a un vocabulario particular. En palabras de Davidson: "Lo que cuenta como evidencia o justificación para una creencia debe provenir de la misma totalidad de creencias a la que ella pertenece" (Davidson, 2003: 218).

Hemos mencionado ya que el uso precautorio de la verdad da cuenta de nuestras intuiciones sobre el papel regulativo de ésta, pues muestra el carácter crítico de nuestras creencias respecto de creencias anteriores. Pero es necesario tener presente que las reformas de nuestros estándares siempre serán en relación con sus predecesores y no por estándares ideales previamente establecidos. Nuestra actividad de justificación viene dada por los deseos y creencias que encontramos en los seres que emplean el lenguaje como nosotros lo hacemos: "Sólo cabría concebir que hubiera una meta 'superior' para la investigación que llamaríamos 'verdad' si existiera algo como justificación última, una justificación realizada ante Dios o ante el tribunal de la razón, por oposición a una justificación que se presenta ante un público humano meramente finito" (Rorty, 1993a: 16). Por el contrario, los pragmatistas consideran que no hay nada concreto que decir sobre la justificación en general, sólo detalles respecto de la justificación ante un público particular (Rorty, 1993a: 17).

### *La objetividad como intersubjetividad*

Si resulta persuasivo este planteamiento, nos restan tres conceptos más que resulta indispensable volver a describir, puesto que se encuentran asociados con el sentido metafísico de la verdad y que, además, están directamente relacionados con nuestro entendimiento del lenguaje científico. El primero es el de la objetividad. En tanto, la objetividad, prototípicamente representada en el lenguaje científico, se refiere canónicamente a aquellas descripciones a una realidad independiente de los sujetos, lo

que hemos venido diciendo del lenguaje y la verdad se contrapone a dicha noción.

Como consecuencia, no es difícil inferir que el pragmatismo de Rorty sustituirá la noción de objetividad por la de intersubjetividad, pues el conjunto de dualismos metafísicos que intenta disolver incluye la distinción entre objetivo y subjetivo. Como hemos visto, la objetividad ya no puede significar correspondencia con una realidad independiente, puesto que hemos rechazado la propia noción de correspondencia y de lenguajes independientes o que describen las cosas en sí mismas. No se trata de encontrar rastros intrínsecos de la cosa que se conoce (puesto que es una noción inaccesible), sino de encontrar conformidad con las normas de justificación última o fundamento antecedente.

En la tradición dualista lo subjetivo se denotó siempre como lo que es cuestión de valor en oposición a los hechos, aquello que vemos desde una perspectiva no neutral. Pero como consecuencia de desmontar el "mito de lo dado", y del antiesencialismo y antirrepresentacionsimo pragmatista evitamos la idea de que hay una realidad completamente al margen de nuestras descripciones y léxicos respecto de determinados tópicos, como la realidad física o los valores morales. Por lo tanto, eliminar la distinción fáctico-valorativa que ya Dewey ponía en duda, resulta equivalente a sospechar de la distinción entre objetivo y subjetivo, e implica reducirla a una mera distinción de consensos.

De acuerdo con Rorty insistir en la objetividad en el primer sentido es equivalente al intento de vincularse con algo que puede describirse sin referencia a los seres humanos particulares, que pueda ser universal: "Somos herederos de esta tradición objetivista centrada alrededor del supuesto de que debemos saltar fuera de nuestra comunidad lo suficientemente lejos para examinarla a la luz de algo que va más allá de ella, a saber, lo que tienen en común con todas las demás comunidades humanas reales y posibles" (Rorty, 1996b: 40). Esta idea de objetividad se traduce en que la meta de la investigación científica del hombre es comprender las estructuras subyacentes de la realidad o aquellos factores que son culturalmente invariables.

No obstante, si el pragmatismo parte de la premisa de que nuestros hábitos de acción siempre están culturalmente condicionados, de una u otra forma, la objetividad se refiere más bien a un acuerdo intersubjetivo lo más amplio posible. La justificación de nuestros hábitos no está más allá de las diversas ventajas prácticas concretas, no atañe un punto de vista ahistórico o universal, sino dentro de los propios criterios locales.

El pragmatismo defiende que cuando afirmamos que en la ciencia se logra la objetividad con más facilidad es gracias al acuerdo intersubjetivo de una determinada comunidad y no por ser una actividad esencialmente distinta en un sentido epistemológico, que encuentra elementos de realidad en sí misma. Una concepción pragmatista de la objetividad defiende la conformidad con las normas de justificación que tenemos entre nosotros lo más amplia posible (Rorty, 2001: 327-330).  Por lo tanto, nuestras descripciones resultan objetivas en función de nuestro diálogo y no de justificaciones externas a un léxico o vocabulario. Los estímulos del mundo son claramente independientes de nosotros y nuestros criterios, pero la forma en la que nos relacionamos con ellos y el conocimiento que constituimos a partir de tales relaciones sólo pueden establecerse en comunidad.

Para clarificar que esta caracterización de la objetividad no es una renuncia a la descripción apropiada del mundo o entrega al mero subjetivismo es de utilidad remitirnos a la caracterización de Dewey sobre la duda en el capítulo pasado. La investigación es motivada por estímulos del mundo que generan en los sujetos situaciones dudosas. Esta investigación tiene como objetivo resolver tales dudas, pero la solución está determinada por la propia problemática, por lo que no es independiente, en términos peircianos, de la "irritación de la duda". No por ello se trata de una solución caprichosa o subjetiva, por el contrario, es objetiva porque resuelve una situación inherentemente dudosa. Pero no puede estar al margen de los criterios que la propia situación ha dictado y, en ese sentido, no es independiente de los sujetos.

Lo objetivo como intersubjetivo nos coloca en una relación directa, no mediada con el objeto, con las propiedades de éste que en la interacción se edifican y comparten. Esta idea contrasta con una objetividad autónoma,

independiente en su justificación y existencia. Esta última nos separa del objeto conocido, pues esta materia objetiva no sólo es independiente de nuestro lenguaje o investigación, sino inaccesible por inespecificable.

### *Racionalidad y método: ajustes entre medios y fines*

Los dos conceptos restantes que esbozaré para concretar la concepción de la ciencia que la perspectiva del neopragmatismo sostiene son el de racionalidad y el de método. Estos dos conceptos se encuentran vinculados porque de una forma u otra, la tradición filosófica ha insistido en caracterizar una racionalidad propiamente científica que permita darnos un criterio de demarcación de la ciencia, y dicha racionalidad se encuentra expresada en el método científico. Así, la racionalidad y el método científico han resultado nociones relevantes en la reflexión filosófica de la ciencia porque se han concebido como criterios que permiten diferenciar lo que es ciencia de lo que no es. A su vez, en general, la racionalidad se ha conceptualizado como una formulación de principios trascendentales o un procedimiento universal o con pretensiones universalistas que nos garantiza la corrección de nuestras justificaciones en la prosecución de la objetividad y la verdad.

De acuerdo con lo anterior, si uno piensa en términos representacionistas, entonces resulta fácil concebir que el espacio de las razones es aquel que se corresponde con la realidad. Alternativamente, si uno tiene aspiraciones trascendentales, pero junto con Kant piensa que la realidad en sí misma nos es inaccesible, entonces puede pensar que el espacio de las razones también es finito, pero inherente a nuestra naturaleza humana. No obstante, si uno junto con el pragmatismo rechaza la noción del conocimiento como correspondencia y la noción de una naturaleza humana intrínseca, se vuelve más difícil pensar que el espacio de las razones sea finito y estructurado (Rorty, 2000a: 108).

Además, si uno adopta la perspectiva de las creencias como hábitos de acción falibles, nuestras formas de inferencia o procedimientos del pensamiento están dados por tales hábitos mentales que se establecen en la investigación, como vimos en el capítulo pasado. Por lo tanto, dependen

de problemas situados y condicionados por un contexto, de lo que se sigue que los procesos de justificación que existen entre estas creencias dependen de las normas culturales y locales que se encargan de ajustar fines y medios, siguiendo la perspectiva naturalizada de Dewey.

Por lo tanto, Rorty socializa y naturaliza el concepto de racionalidad como un simple ajuste de fines y medios (la facultad de tener actitudes proposicionales), una herramienta que depende de las normas sociales. Ésta es una habilidad que se desarrolla para adaptarse mejor al entorno, pero no deberíamos esperar que tenga una forma preestablecida y definitiva, sino que se trata de una destreza dinámica y flexible de adaptación que no genera una sola comunidad de justificación. Para este pragmatismo, la idea de una justificación universal no tiene lugar después de concebirnos como animales más o menos complejos que sobreviven a su ambiente, que tienen estrategias sofisticadas que se socializan para adaptarse al entorno.

La analogía que extrae Rorty de Darwin cuando se piensa en el conocimiento es que no existe un orden natural de las razones para justificar creencias, como tampoco hay un orden natural de la evolución biológica. Tanto en la evolución biológica como en la cultural no se siguen las pautas de una ley, sino que ambas se desarrollan en una secuencia azarosa de accidentes afortunados o desafortunados (Rorty, 1993a: 19-20). Así, la racionalidad es una habilidad para arreglárselas con el entorno que los seres humanos tenemos en mayor grado que las amebas o los calamares, dado que tenemos reacciones más sofisticadas y finas a los estímulos del entorno. Pero no es un ingrediente extra que tenemos los seres humanos a diferencia de otros seres; la distinción sólo es de grado.

Por lo tanto, ello le distingue de otros pensadores pragmatistas o cercanos al pragmatismo como Putnam, Jürgen Habermas o Karl-Otto Apel, quienes adoptan de Peirce una versión de la convergencia a la verdad. Para estos autores, la razón es normativa y las normas no pueden ser naturalizadas, no obstante, según ellos es posible dar cabida a lo normativo sin regresar a la idea metafísica de la "naturaleza intrínseca de la realidad" (Rorty, 2000b: 92). Por el contrario, Rorty no ve la manera de distinguir entre la cuestión de si entendemos nuestras normas de justificación sólo como

"una justificación para nosotros" o bien como una justificación "a secas". Recurriendo a la metáfora de la herramienta afirma: "Para mí eso es tratar de resolver la cuestión de si pensamos que mi bisturí u ordenador es una buena herramienta para esta tarea o bien creo que es una buena herramienta a secas" (Rorty 2000b: 110). Concebir la idea de "buenas razones a secas" es el mantener el intento de caracterizar la razón ahistórica y trascendentalmente. En sus palabras:

> Este intento es quedarse a medio camino entre la idea griega de que los seres humanos son especiales porque pueden conocer (mientras que los animales pueden tan sólo arreglársela para sobrevivir) y la idea de Dewey de que somos especiales porque somos capaces de hacernos cargo de nuestra propia evolución y conducirnos en direcciones sin precedentes ni justificación en la historia o en la biología (Rorty, 2000b: 85).

He mostrado brevemente este contraste, porque me interesa exponer la perspectiva rortiana como una visión del mundo que no solamente teoriza en función de la práctica, sino que concibe esa práctica como naturalizada, en un sentido darwinista, y socializada, en un sentido plenamente historicista. Ello ocurre no porque Rorty piense que Darwin o la socialización de nuestras creencias son teorías más profundas o fundamentales sobre nosotros mismos, sino justamente porque su sugerencia es adoptar una filosofía de la contingencia, que implica una perspectiva plenamente secularizada de la vida humana, donde los criterios y las responsabilidades humanos son nuestros únicos parámetros para establecer normas. Es decir, justamente hay una negación de dicha perspectiva fundamental, por ello, propone abandonar cualquier proyecto de incondicionalidad ante el reconocimiento de que somos un animal más buscando forma de sobrevivir y adaptarnos (Rorty, 2000b: 133-5)

Así, como mencionamos en la introducción, el rasgo más distintivo de la propuesta rortiana es que niega una distinción entre lo dependiente del contexto y lo universal que resulte relevante para la práctica. Una prácti-

ca social sólo puede ser sustituida por otra práctica social, pero no hay un instrumento determinado y definitivo para solucionar problemas que sea previo al surgimiento de los mismos: sólo hay posibilidades que han servido como soluciones en otros casos. Por lo tanto, la razón es un producto de la historia y la sociedad sin una estructura general y permanente, ya que no hay puntos naturales de partida a partir de los cuales seguir una única argumentación (Rorty, 1996a: 252).

Este carácter local e histórico de la razón es lo que Rorty denomina etnocentrismo, que significa que sólo existen ejemplos concretos en torno a los cuales establecer un diálogo para tomar una decisión respecto a determinadas ventajas o desventajas de las alternativas concretas que nos proporcionan nuestras herramientas teóricas. Uno se vuelve etnocéntrico cuando admite que no existe una audiencia ideal ante la cual pueda justificarse definitivamente, sino que solamente existen audiencias competentes basándonos en las suposiciones de nuestra propia comunidad (Swayne, 2005: 1). Como consecuencia, Rorty apela a que una comunidad es más racional por ser menos dogmática y abierta, y no por ceñirse a un conjunto de reglas o fundamentos universales a partir del cual elaborar toda justificación válida.

Ahora bien, en una comunidad particular siempre existen contextos en los que no hay consensos sobre lo que cuenta como justificación, esto es, cuando son los propios criterios para comparar opciones los que están en debate. Esto ocurre en periodos que Rorty llama, siguiendo a Kuhn, revolucionarios que hemos descrito cuando hablamos de cambios de vocabulario. En estos periodos revolucionarios o anormales, en contraposición con la normalidad, no se comparten principios y criterios para llegar a visiones comunes a las alternativas disponibles. En este sentido, son inconmensurables, pues no hay un conjunto de reglas que nos diga cómo puede ser alcanzado un acuerdo respecto de los puntos que entran en controversia o conflicto (Levi, 1981: 590). Estos momentos pueden ser claramente ejemplificados con los cambios o revoluciones científicas y son los momentos caracterizados por el surgimiento de nuevas ideas, el espacio de la creatividad y la imaginación: de la redescripción más que de la argumentación.

Además, a partir de este espacio surgirán nuevas justificaciones, reglas y criterios, nuevos consensos. Pero estos no surgen necesaria o exclusivamente de la argumentación puesto que en parte esta se encuentra suspendida (parcialmente o en algunos aspectos), sin la estabilidad que goza en el discurso normal. Por lo tanto, el nuevo consenso nace de la persuasión y la conversión a nuevas creencias, por su uso y desuso, como ya hemos esbozado. Esta conversión es una sustitución de unas creencias por otras, sobre la base de que no existe acuerdo de lo que cuenta como justificación, por lo que se trata de un intento de ver nuevas perspectivas.[47]

No obstante, queda claro que esta distinción entre normalidad y anormalidad no es equivalente a la distinción entre racionalidad e irracionalidad de la tradición clásica. Porque en el espacio anormal (o hermenéutico como también le llama) ser racional es dejar de pensar que hay un conjunto de términos en los que deben ponerse todas las aportaciones de la conversación, al mismo tiempo, estar dispuesto a adquirir otra jerga, otro luego del lenguaje u otras formas de descripción. En el espacio normal (o epistemológico), la racionalidad consiste en discutir en términos justificados para llegar a un acuerdo, pero la anormalidad no tiene dicha prioridad, es el espacio de la nueva aportación que no busca conmensuración.

---

[47] Este será uno de los aspectos más controvertidos de la propuesta rortiana, como es de esperarse, pues al hablar de conversión y persuasión, diluye la razón y vuelve el cambio de creencias irracional, lo cual será inadmisible para muchos de sus interlocutores. En este sentido, Habermas, Putnam o Gadamer defienden un terreno común de razón o una “fusión” de horizontes (dice Gadamer) que permitan un cambio “razonable” de creencias, como una ampliación entre comunidades o audiencias sobre lo que cuenta como justificación. Si bien, es cierto que Rorty parece radicalizar en exceso la dicotomía entre normalidad y revolución, como afirma Richard Bernstein, así como entre argumentación y redescripción, más adelanta valoraremos la utilidad de tal distinción para el ejemplo de la física cuántica.

Además, estas transiciones ocurren en todas las disciplinas, incluida la ciencia.[48] Todo discurso en diferentes momentos puede atravesar por una fase normal o anormal y puede recurrir a la argumentación o a la redescripción para dirimir diferencias según sea el caso. Si bien los niveles de consenso son distintos, en la ciencia o en el arte, por ejemplo, ello se debe a los fines que persigue la práctica en cuestión, no a su grado de racionalidad o nivel epistemológico. Concluyendo, nos dice Rorty, no hay nada objetivamente erróneo o irracional excepto en relación a algún estándar o criterio que se ha edificado en algún momento para posteriormente sistematizarse.

En el caso particular de la ciencia, hemos dicho que la idea de una racionalidad propiamente científica se ve expresada o materializada en el muy recurrido concepto de método científico. Sin embargo, en las distintas teorizaciones sobre dicho método podemos encontrar dos niveles. En un primer nivel, el método se refiere a un conjunto de reglas que nos ayudan a evitar "tomar algo falso por verdadero", dicho en términos del joven Descartes. En un segundo nivel, el carácter interno del método consiste en un procedimiento de la razón que impone y determina las reglas para todo conocimiento cierto. El método en su sentido interno, se convierte en una consideración plenamente filosófica, primera y fundamental. Los dos ejemplos prototípicos de estas dos formas de entender el método son Francis Bacon y el Descartes de las *Meditaciones metafísicas*.

Para Bacon el método se limita a ordenar y sistematizar información, pero a partir de Descartes comienza a significar un filtro que elimina elementos subjetivos o no cognitivos de nuestras representaciones. Según el filósofo francés en su obra tardía el método implica establecer un procedimiento especial, guiado por la razón, que nos permite conocer los objetos de una forma que va más allá de su uso. Para ello considera

---

48 Por ejemplo, decir que Galileo ganó eventualmente su polémica contra la iglesia católica no significa que sus estándares o criterios hayan sido más racionales o mejor justificados de forma absoluta, sino más bien que su perspectiva ha creado nuestros estándares de justificación y por eso nos parecen más racionales.

imprescindible establecer la unidad entre ciencia y método; así, a partir de entonces, quedarán unidos filosóficamente.

Rorty interpreta la herencia del método científico a partir de un constante intento de darle una explicación filosófica al éxito predictivo de la ciencia moderna que nació con Galileo y Newton. Es decir, la tradición interpretó que cuando Galileo afirmó que el Libro de la Naturaleza fue escrito en el lenguaje de las matemáticas, quería decir no solamente que resultaba eficiente en la práctica, sino que reflejaba el verdadero modo de ser del mundo; modo que Descartes explicó en términos de claridad y distinción (Rorty, 1996a: 276). De tal forma que, pensaron que el vocabulario de esta nueva ciencia (matemático y elaborado a partir de generalizaciones universales de eficacia predictiva) estaba desprovisto de significado moral e interés humano y, por tanto, era más posible que sus términos refirieran a la "realidad en sí misma": "[…] desde entonces: los conceptos de racionalidad, método y ciencia vienen uniéndose a la búsqueda de esas generalizaciones" (Rorty, 1996a: 277).

Como resultado de este proceso, el método se convirtió en un procedimiento que permitía distinguir entre las partes de nuestra mente que se corresponden con la realidad y aquellas que no. Se convirtió en una forma especial de relacionarnos con los objetos, la cual nos proporciona criterios para acceder a lo real. En este sentido, las diferencias metodológicas son indicativas de una diferencia ontológica, pues lo real es producto de utilizar dicho método. Es un modelo de proceder trascendental que nos permite suscribirnos a lo verdadero independientemente de los sujetos.

Ahora bien, en tanto la ciencia ha sido la portadora de este método que nos proporciona los parámetros de lo que se considera conocimiento objetivo, para considerarse cognitivas y que sus objetos tengan este estatuto de realidad, el resto de las actividades o disciplinas deben proceder mediante estas formas preestablecidas. En este sentido, lo científico ha sido un parámetro que hay que seguir para tener legitimidad en la cultura occidental.

Sin embargo, este concepto epistemológico de método ha recibido interesantes críticas desde diversos frentes. Sin duda una de las más polémicas es la que elaboró el filósofo de la ciencia Paul Feyerabend en su texto *Contra el método*, en el cual mostraba, a través del análisis histórico, la imposibilidad de especificar un proceder único que indicara esta supuesta forma segura de producirse del conocimiento científico. Por el contrario, Feyerabend muestra cómo la historia de la ciencia está repleta de los muy diversos y contradictorios modos de proceder por parte de los científicos.

Siguiendo esta misma línea fundamental, en un estilo menos polémico y provocador, para el pragmatismo rortiano la forma de relacionarnos con los objetos está marcada por el conjunto de actividades que se despliegan en el curso de la investigación y como resultado de ésta. Al igual que en el pragmatismo clásico, la indagación proporciona determinados hábitos de acción que constituyen nuestras creencias acerca de los objetos. Dichas creencias no son más que pautas de evaluación para relacionarnos con los objetos en investigaciones posteriores, a saber, hipótesis de trabajo. Pero, a su vez, las acciones desplegadas por dichos hábitos modifican el entorno, de tal forma que se producen nuevas creencias, esto es, nuevos hábitos de acción en un proceso en constante movimiento que no posee una forma de ser final. Toda investigación científica o moral sigue pautas de evaluación en torno a las ventajas relativas de las diversas alternativas concretas que se tienen, pero no hay reglas *a priori* ni permanentes que nos permitan hacer cualquier elección posible en la conformación de nuestras creencias.

Este carácter dinámico de las formas o métodos de la actividad investigadora incluye a la propia ciencia. La historia de la ciencia ha mostrado que las metodologías se han transformado de una teoría a otra, de tal manera que se parecen más a formas de proceder flexibles y variables de acuerdo a objetivos particulares. El propio Kuhn nos dice que las reglas metodológicas a las que está suscrita cada teoría responden a sus propios objetivos y bases rectoras, que en ocasiones pueden no ser com-

parables con las de una teoría rival. Efectivamente, estas formas de procedimiento y evaluación son adoptadas por eficientes (aunque no únicamente), pero son también autocorrectivas de acuerdo a los resultados y propósitos de investigaciones posteriores.

Por todo ello, Rorty afirma que la disputa en torno al método, como en el caso de la racionalidad, se refiere más a un acuerdo sobre el fin y los medios para alcanzarlo que a una forma preestablecida para proceder en todo contexto. Por lo tanto, el norteamericano se apropia de la idea baconiana del método como una disposición de tópicos como sistema de ordenación, pero no en su sentido más filosófico, como eliminación de elementos subjetivos y aparentes. En definitiva, no es indicativo de neutralidad axiológica.[49] El método se limita a obedecer a las convenciones normales de una disciplina de acuerdo a las justificaciones internas de la propia disciplina.

Por lo tanto, Rorty rechaza el cientificismo; la idea de que existe sólo un conjunto de criterios, un método fiable para toda investigación posible, para alcanzar la naturaleza de las cosas (Rorty, 1996a: 96). Por el contrario, el pragmatista tiene una actitud experimental y falibilista, donde los objetos y su trato dependen de la organización de un sistema material, un conjunto de reglas exitosas de acuerdo con los propósitos de cada actividad, en el caso de la ciencia, explicar, predecir y controlar.

Todo esto es una consecuencia de la propia naturaleza de la investigación como instrumento contingente para resolver problemas que no conocemos ni necesariamente podemos concebir previamente a su surgimiento. Suponer de antemano un método universal y definitivo para juzgar la validez de nuestras afirmaciones es equivalente a la idea de que se conocen de antemano los fines que se persiguen en la investigación. Pero esto es anticipar las necesidades que tendremos y las formas de satisfacerlas dentro de un entorno que está en constante cambio y en el

[49] En este sentido, Rorty hace una interpretación libre de Bacon, muy propia de él. Aunque resulta plausible en general, no obstante, resulta dudoso que Bacon pensara que la ciencia y su método no son axiológicamente neutrales.

cual no hay un estado final (piénsese en todas las investigaciones y artefactos que eran inimaginables hace unas cuantas décadas).

Además, deshacerse de la idea tradicional de método científico permite establecer una continuidad entre las ciencias naturales, sociales y humanidades en general, que a su vez evita insistir en el intento de desplazar todo discurso hacia los parámetros establecidos metafísicamente para la ciencia. Los métodos en cualquier investigación son aquellos que alcanzan creencias estables sobre nuestro trato con los objetos, aquellos cuya relación con las consecuencias es acertada.

*La investigación como recontextualización*

Finalmente, desarrollaré brevemente algunas consecuencias de esta perspectiva que nos será de utilidad para analizar el caso del cambio científico en la teoría cuántica. En su artículo titulado "La indagación intelectual como recontextualización: una explicación antidualista de la interpretación" (1996b), Rorty afirma que, como consecuencia de que todas nuestras creencias son hábitos de acción que forman una trama que se teje y reteje continuamente, la investigación también lo es. En este sentido, la distinción entre un hábito y el resultado de una indagación es de grado, se reduce la diferencia entre una creencia en torno a cuestiones incontrovertibles, algo usual en nuestra red de creencias, donde se precisa un mínimo retejido (cuando aparece otra), y las ocasiones en donde hace falta un retejido a gran escala, consciente y deliberado. Como dice Rorty a propósito de las nuevas creencias: "Pueden dar lugar a acciones "reflejas" o bien iniciar hitos científicos" (Rorty, 1996b: 133).

Por tanto, todo objeto como parte de esta red está contextualizado por ella y a medida que nos desplazamos a lo largo del espectro del hábito a la indagación, aumenta el número de creencias modificadas, de tal forma que en un punto es posible hablar de recontextualización. Este nuevo contexto puede ser desde una nueva teoría explicativa en ciencia, un nuevo vocabulario moral, etcétera. En este sentido, toda investigación es recontextualización, al aportarle al objeto una nueva red de

creencias, que a su vez consiste en establecer un conjunto de relaciones del objeto con el resto del universo. El objeto no tiene un contexto *propio y privilegiado* en virtud de ser lo que es, sino que está constituido por la red de la indagación.

Esta descripción deriva en una concepción antiesencialista del objeto a la que nos hemos referido antes. El conjunto de propiedades que forman el objeto forma parte de un lenguaje sin distinción definitiva entre propiedades necesarias y contingentes, conceptuales o empíricas, como ya señalamos. Los objetos son en referencia al tejido de creencias, a los efectos prácticos de éste sobre nuestra conducta. Toda propiedad es una relación establecida en una oración cuya causa es un estímulo del mundo y su justificación es otra creencia. La diferencia entre oraciones en relación con un objeto es que algunas son más fáciles o difíciles de abandonar de acuerdo con los criterios establecidos para dicho lenguaje, en función de los objetivos a los que obedece el mismo.

Ahora bien, en el proceso de recontextualización, de acuerdo con todo lo que hemos dicho, no existe ningún criterio que sea universal, atemporal o *a priori*; sólo tenemos criterios o patrones históricos que resultan más o menos útiles para determinados fines. Hasta este punto resulta evidente que la existencia de estructuras permanentes para conocer la intrinsicidad del mundo es insostenible para el pragmatismo sea en términos lingüísticos o en términos metodológicos. Tanto las formas lógicas como los métodos usados o los significados pueden variar a diferentes niveles en el transcurso de la investigación.

Así, este contextualismo desecha las propiedades intrínsecas porque el objeto es relativo a su descripción que, a su vez, obedece a un propósito en el transcurrir de la investigación. Pero como también existen tantos fines como problemáticas potenciales en el andar por el mundo y ninguno de ellos es más fundamental que otros, todas las descripciones resultan equivalentes en su estatuto epistemológico y ontológico, a saber, ninguna es más real o fundamental que otra. Como consecuencia, la distinción entre hechos *duros y blandos* como equivalentes a objetivos y subjetivos, también resulta prescindible. La *dureza* de los hechos no

da cuenta de un mayor acceso hacia la realidad no humana, sino que es producto de acuerdos previos en una comunidad en torno a lo que supone sin discusión. En el caso paradigmático de la ciencia, se ejercen fuerzas físicas causales del universo, pero tales fuerzas pueden generar diferentes descripciones, de acuerdo con diferentes acuerdos sociales.

Evidentemente, en este caso, el acuerdo social estará basado en la eficiencia que proporcione para alcanzar los fines propuestos. Así, la diferencia entre objetos duros y blandos se reduce a la diferencia entre las reglas de una institución más o menos homogénea y controvertida, pero todos los hechos son instituciones que obedecen a dimensiones de valoración concebidas socialmente (Rorty, 1996b: 120). Tan pronto como nos preguntamos por los hechos acerca del objeto, preguntamos cómo hay que describirlo en un lenguaje particular, y ese lenguaje es una institución, si bien existen instituciones más internamente diversas, más complejas o más polémicas que otras (literatura y ciencia, respectivamente, como dijimos antes). En palabras de Rorty:

> Mi exposición sobre el pragmatismo pretende mostrar que esta afirmación puede considerarse el corolario de la tesis más general de que nuestras creencias, nuestras teorías, nuestros lenguajes, conceptos —todo lo que Kant ubicó en el lado de "espontaneidad"— no deben considerarse defensas contra la dureza de los datos y mucho menos como velos interpuestos entre los objetos y nosotros, sino como maneras de poner a trabajar para nosotros las fuerzas causales del universo (1996b: 118).

Dicho metafóricamente, la distinción entre hechos duros y blandos o entre hecho y valor corresponde a la diferencia entre buenos y malos espejos de la realidad. Pero una vez que nos desocupamos de la metáfora del espejo, pierde sentido dicha distinción. Esta es una de las consecuencias más radicales y polémicas de la perspectiva rortiana, pues con ello está disolviendo los criterios que demarcan filosóficamente el conocimiento. Como resultado, tenemos vocabularios o lenguajes más o menos útiles para un fin determinado, criterios más o menos eficientes

para la resolución de una situación concreta, pero no lenguajes que proporcionen descripciones más o menos reales, ni criterios que trasciendan cualquier descripción posible.

En definitiva, la propuesta del norteamericano es una renuncia a la idea de un criterio último para fundamentar el conocimiento en cualquiera de sus tres grandes versiones: en los "hechos" o evidencia del mundo, que llevan al empirismo; la mente o leyes del pensamiento, que llevan a un racionalismo; y la cultura o convencionalismo que llevan a un *sociologismo* o relativismo cultural, con el cual a menudo se le identifica. Sin embargo, a nuestra consideración, ésta es una lectura poco cuidadosa; Rorty no sugiere que los estándares culturales sean principios epistémicos últimos como tampoco lo hace de las formas o los contenidos, de los hechos o del pensamiento. Ni mente ni mundo sirven como una variable independiente a la cual el producto de la investigación pueda ser reducido (Forster, 2004: 169).

Tampoco dice que nuestros criterios de descripción estén únicamente determinados social o convencionalmente, puesto que el mundo es como es (causalmente), al margen de nuestras consideraciones sociales. La tesis relevante aquí es que los elementos culturales y naturales de nuestras descripciones son (ontológicamente) indistinguibles en muchos casos (en otros pueden ser metodológica y provisionalmente distinguibles o *a posteriori*, pero no en general y de forma definitiva)[50]. El relativismo cultural supone que esta distinción es posible y que nuestras descripciones son, por tanto, relativas a un determinado esquema o escenario cultural.

---

[50] Piénsese en las concepciones científicas naturalizadas que más tarde se han mostrado como producto de un ambiente cultural (por ejemplo, económico, de género, de raza, etc.). La tesis de Rorty es que, aunque el mundo es causalmente independiente de nosotros, un mundo con contenido positivo está necesariamente entrelazado con el lenguaje de forma indistinguible con el primero. Por ello, resulta una empresa inútil intentar demarcar estos dos campos (el social y el natural) en una teoría epistemológica única y general para cualquier lenguaje posible.

Adicionalmente, ya hemos mencionado que Rorty rechaza el relativismo argumentando en contra de sus consecuencias autorreferenciales al deconstruir las nociones metafísicas de la epistemología (representación, objetividad, verdad). Siguiendo a Putnam a este respecto afirma: "[el]relativismo, exactamente igual que el realismo, supone que uno puede estar situado al mismo tiempo dentro y fuera de su propio lenguaje […] no hay verdad en el relativismo, pero en el etnocentrismo hay esta: no podemos justificar nuestras creencias (en física, en ética o en cualquier otra área) ante todo el mundo, sino sólo ante aquellos cuyas creencias se solapan con las nuestras hasta el punto adecuado"[51] (Rorty 2000: 73).

Su pragmatismo defiende que la conducta lingüística es simplemente un uso de herramientas para lograr nuestros objetivos, no un medio entre sujeto y mundo, como hemos dicho ya (Rorty, 1996b: 117). Por lo tanto, los dualismos clásicos que se originan en la filosofía moderna son reinterpretados como distinciones momentáneas y convenientes a lo largo de un espectro posible, pero no son distinciones ontológicas o epistemológicas definitivas.

En suma, un objeto es un conjunto de proposiciones que consideramos verdaderas acerca de él, pero dichas proposiciones no son sino resultado de una situación por resolver, y de acuerdo a dicha situación algunos objetos son convenientes de definir de determinada manera. Todo lo que necesitamos para hacer posible la comunicación, la persuasión y el conocimiento es un acuerdo sobre lo que estamos hablando, sobre un número razonable de proposiciones que utilizan el término en cuestión.

La noción de privilegiar un nivel, según Rorty, presentarlo como fundamento de la indagación es un desafortunado intento más de salvar la noción de nuestras creencias como correspondencia con la realidad. No obstante, hemos dicho ya que no está claro qué significa contras-

[51] Los detalles sobre la distinción entre etnocentrismo y relativismo se pueden revisar en su texto: "Solidarity or Objectivity?" en *Objetividad, relativismo y verdad* (1996).

tar creencias con no creencias, sin embargo, éstas sí versan sobre algo. La independencia causal de los objetos no significa que nuestras descripciones se desprenden de nuestros intereses y objetivos. Por tanto, la demarcación del conocimiento no es entre independencia y no independencia del sujeto o de lo humano, sino es una cuestión de demarcación sociológica.

De tal forma que la distinción entre un objeto y su contexto es sólo la distinción entre las proposiciones que se presuponen y las que se discuten de él. La diferencia entre los objetos que Rorty denomina "banalmente interculturales" y objetos controvertidos es simplemente una cuestión de rutina, de hábito. Aquellas nociones con las que estamos familiarizados y aquellas que resultan nuevas y, por tanto, debatibles. La parsimonia ontológica no se alcanza sólo por el análisis lingüístico, sino por la práctica cotidiana, el desuso de términos o lenguajes. En sus palabras: "La independencia causal de los quarks respecto del discurso humano no constituye una marca de su realidad, por oposición a lo meramente aparente; es tan sólo una parte no cuestionada de nuestro modo de hablar sobre quarks" (Rorty, 2000a: 19).

Como hemos visto, la aplicación del antiesencialismo a nociones como verdad, conocimiento, lenguaje, moralidad o semejantes objetos de especulación filosófica significa volver a captar el sentido de la contingencia de cualquier proyecto humano, en concordancia con una visión darwinista del hombre y la opinión existencialista sartreana de no tener esencia, lo cual permite ver, como hemos dicho antes, todas las descripciones en pie de igualdad. Asimismo, significa también rechazar lo que Heidegger denominó la tradición ontoteológica que identifica lo contingente con lo meramente aparente, como herencia de nuestra metafísica tradicional largamente arraigada (Rorty, 1993b: 55).

Ahora bien, cuando Rorty critica la idea de autoridad última, sin apelar a ésta, su perspectiva se restringe a ser una sugerencia sobre una forma que le parece conveniente de ver las cosas, pero en absoluto necesaria o esencial. En última instancia, adoptar esta propuesta significa abandonar la idea kantiana de que existe algo llamado 'naturaleza

del conocimiento humano', 'el alcance y los límites del conocimiento humano' o 'la situación epistémica humana'; la idea misma de 'conocimiento' como un objeto de estudio adecuado. Una vez que se sigue a Peirce en que las creencias son reglas para la acción y a Davidson en que la comunicación exige un conjunto de creencias básicas que compartimos, podemos entender que el conocimiento no requiere una teoría filosófica general. Por el contrario, preservar la idea del conocimiento como clase natural no es más que insistir en la conexión entre un sujeto transitorio humano y lo que existe con independencia de él (Rorty, 1993b: 13-15).

*Una ciencia sin demarcación filosófica*

Todo este desarrollo, como resulta evidente, tiene importantes consecuencias sobre nuestra concepción filosófica de la ciencia. He mencionado que en el esquema de la representación la ciencia ha jugado un papel paradigmático. Ésta se ha ido conformando como el prototipo del conocimiento, del contraste entre objetos cognitivos y no cognitivos. Los objetos científicos se han articulado como modelos de buenas representaciones de la realidad, articulando y fortaleciendo el discurso de la verdad como correspondencia. Como consecuencia, la ciencia se ha concebido como un género natural que se fundamenta en el uso de un método propio que da cuenta de una racionalidad también propiamente científica. Ello, a su vez, nos permite establecer una relación con la realidad en sí misma. Particularmente, se considera que el vocabulario de las ciencias físicas alcanza o se acerca en algún sentido a la estructura verdadera de la realidad.

No obstante, esta idea o intuición tiene su origen en las distinciones y suposiciones que hemos criticado en las páginas anteriores. La ciencia es un vocabulario definitivamente exitoso, pero su éxito no tiene una explicación filosófica fundada en su demarcación. Si evitamos la demarcación epistemológica antes descrita, tanto el contraste metafísico entre conocimiento y opinión, como la demarcación natural de la ciencia pierden sentido.

Claramente, la ciencia tiene métodos propios, pautas a seguir que ajustan medios y fines. También es verdad, como ya hemos dicho, que en la ciencia encontramos consensos mucho más grandes y homogéneos que en otras áreas de la cultura, como la literatura o la política. Sin embargo, ello se debe a que en ella es más fácil encontrar acuerdos comunes, los niveles de consenso en la ciencia están más instituidos que en otras disciplinas porque los fines de ésta habilitan dicho acuerdo: es más fácil el acuerdo (aunque no en todo momento) sobre la predicción y explicación en ciencia, que sobre fines estéticos y políticos. Pero, a su vez, en todos los ámbitos de la cultura nos encontramos con contextos novedosos, algunas de las pautas pueden seguir funcionando y otras deberán ser modificadas, entonces nuestros métodos y parámetros de racionalidad también lo harán. La historia de la ciencia, como del arte o de cualquier otra disciplina muestra que no existe lenguaje o criterio que no se vea transformado debido a las nuevas condiciones a las que se enfrenta dicha actividad.

En definitiva, como corolario del planteamiento epistemológico de Rorty podemos afirmar que la ciencia no es más objetiva, lógica, metódica o verdadera, si los entendemos en el marco de la epistemología moderna clásica. Los objetos científicos obedecen a las valoraciones propias de la actividad científica. Rorty manifiesta el deseo de hacer desaparecer la oposición filosófica entre los objetos de la ciencia y el arte, o las humanidades, dejar de preocuparse por su estatus cognitivo y todos los problemas derivados de dicha inquietud: "Si decimos que la sociología o la crítica literaria no son ciencias, meramente querremos decir que la cantidad de consenso entre los sociólogos y los críticos literarios sobre lo que se considera una obra importante, que necesita continuación, es mejor que, por ejemplo, entre los microbiólogos" (Rorty, 1996b: 63).

Por supuesto, esto no quiere decir que no hay diferencia entre disciplinas, pero ésta es una distinción de carácter práctico, institucional y pedagógico, no filosófico u ontológico. Pues la 'materia objetiva' que generaba tales distinciones ha perdido su sentido ordinario y hemos sustituido la objetividad en ese sentido por una intersubjetividad, inten-

tando ampliar lo más posible el consenso en torno a un tema. Siempre encontraremos, tanto en arte como en ciencia, escuelas alternativas, movimiento y teorías compitiendo entre sí, de acuerdo con ventajas y desventajas concretas, pero no a un metalenguaje general que las seleccione.

Si adoptamos estas sustituciones, Rory sugiere que podemos adoptar también lo que denomina una interpretación baconiana de la ciencia. En ella, la ciencia se resume en un logro cultural que puede atribuirse a que hemos aumentado de forma asombrosa nuestra capacidad de predecir y controlar determinados fenómenos. Demarcar así la ciencia responde a la idea de la investigación como la resolución de una situación concreta y evita delimitarla como la *mejor explicación de algo* que resulta, de acuerdo a los argumentos aquí reiterados, una noción vacía. Sólo podemos hablar de la mejor explicación en relación con un propósito concreto.

En continuidad con el proceso de concebir las creencias como resultado de las actividades orgánicas, el nivel de sofisticación se fue elevando para generar estructuras de solución más complejas y eficientes, más sistematizadas y organizadas. En la medida en que el hombre se desenvuelve en grupos sociales, las soluciones se compartieron y condensaron, se socializaron estas actividades y se instituyeron formas de transmitirse. La experiencia se vio enriquecida y la diversidad de necesidades y soluciones para ellas generó muchos lenguajes y vocabularios. Nuestras disposiciones actitudinales hacia los estímulos del mundo son cada vez más finas, generando una diversidad de actividades, pero su origen es el mismo: un problema concreto y definido por resolver.

La intención de esta redescripción y reinterpretación del hombre y sus actividades es la de generar una red de creencias congruentes con la idea de abandonar la autoridad metafísica que organiza nuestras comunidades. Con ello se abraza la idea de que nuestros lenguajes y criterios de decisión responden a nuestras necesidades concretas y a nuestros criterios, como ya hemos dicho. Es decir, está relacionada con la forma que la que deseamos concebirnos a nosotros mismos.

En el caso de la ciencia, no pretende que los científicos cambien su forma de hacer ciencia, pero sugiere modificaciones por lo menos en dos

sentidos que resultan interesantes. Por un lado, en la forma de concebirla filosóficamente, es decir, el conjunto de problemas de este tipo que tiene sentido articular en su interior. Y, en segundo lugar, pero en conexión con el primero, el papel social que tienen los científicos y la forma en que esta actividad puede generar parámetros para el resto de los ámbitos culturales. De acuerdo con la lectura rortiana, la ciencia es una actividad que tiene una significación social, importantísima en la sociedad contemporánea, pero no es el paradigma de la cultura, como ya he sugerido en la introducción.

Así, la deconstrucción que realiza el norteamericano sobre las categorías de la ciencia nos proporciona una nueva lectura sobre los parámetros que deben ser satisfechos en su interior, sobre el conjunto de problemas que se elaboran en torno a una teoría científica. Con ello quiero sugerir que, sin las suposiciones metafísicas que hemos venido cuestionando en las páginas anteriores sobre los parámetros de la ciencia, se evitan los problemas que surgen cuando un nuevo lenguaje o modelo científico no cumple con requerimientos establecidos por modelos anteriores. En suma, si nos desembarazamos de la epistemología en tanto fundamento, estamos en condición de sólo responder a los problemas concretos que una teoría nos plantea en función de preguntas y respuestas alternativas concretas. Veremos a continuación cómo la imagen de la ciencia que acabo de esbozar nos proporciona una vía de explicación para el cambio científico que nació con la teoría cuántica que hemos descrito, y que evita un conjunto de problemas filosóficos en torno a dicho cambio.

# Problemas y soluciones filosóficos de la interpretación de Copenhague: adoptando una perspectiva pragmatista

Volvamos a la mecánica cuántica. Como vimos en el primer capítulo, una vez establecida la interpretación de Copenhague se contó con una descripción cualitativa consistente de los fenómenos atómicos, pero las consecuencias de la misma no convencieron a toda la comunidad científica. Ello debido a que adoptar dicha interpretación significaba un conjunto de rupturas respecto, no sólo de la física clásica, sino de los supuestos e imágenes más básicas sobre la realidad física sobre la que ésta se asentaba, conectados también con el sentido común.

Por ello, el debate de la teoría concierne sobre todo a que, como dice Philip Ball, nos vemos obligados a reflexionar sobre lo que entendemos por mundo físico y nuestro conocimiento sobre él (2018: 11). Como consecuencia, a partir de entonces se van a ir configurando un conjunto de objeciones a esta interpretación, inicialmente lideradas por Einstein y Schrödinger, que a su vez dieron cabida a diversas escuelas interpretativas alternativas o incluso a teorías alternativas, algunas de las cuales permanecen hoy en día con cierto éxito.

No voy a describir aquí de forma exhaustiva tales alternativas, sólo señalaré las objeciones centrales a la perspectiva de Copenhague que motivaron filosóficamente las mismas y algunos aspectos de sus respuestas. Dichas discusiones me permitirán señalar los puntos de debate filosófico más comunes dentro de las descripciones cuánticas y posteriormente mostraré que si adoptamos la perspectiva pragmatista que he

narrado en el capítulo anterior, buena parte del debate pierde interés. Eso es lo que quiero decir con minimalismo filosófico en la mecánica cuántica. Por otro lado, también mostraré que, en la forma de proceder de los físicos, para constituir tanto la teoría como la interpretación de Copenhague, podemos rastrear ciertas tesis o cierto aire pragmatista que favorece la plausibilidad de dicho talante filosófico. Posteriormente, expondré las consecuencias de tal minimalismo, tanto al interior de la ciencia como en su papel cultural, como apunté en la introducción.

## El origen del debate filosófico: las rupturas clásicas

En una lectura breve del proceso que he narrado sobre el nacimiento de la teoría cuántica es posible ver que en un primer momento la renuncia a las descripciones espacio-temporales (las órbitas electrónicas y trayectorias) de la física clásica permitió establecer un formalismo eficiente. Pero al mismo tiempo, una vez establecido, no se disponía de una explicación conceptual de los procesos físicos, pues se había renunciado a lo que denominaron 'contenido intuitivo' de las descripciones. Por lo tanto, la interpretación de Copenhague, expresada en los principios de complementariedad e incertidumbre, manifiesta la recuperación de los conceptos cinemáticos y dinámicos de la física clásica, como hemos visto, pero el precio que hay que pagar respecto de los principios ontológicos y epistémicos de la ciencia moderna es alto.

Como es bien sabido en esta historia, en un primer momento Einstein, quien participó en el proceso de la teoría describiendo el comportamiento corpuscular de la luz, se sentía profundamente incómodo con el resultado del principio de incertidumbre y con la interpretación de la función de onda que propone Copenhague. No es de extrañar, dadas las implicaciones sobre la realidad física que hay que asumir con ellos.

En primer lugar, debido a la inherente discontinuidad que implica el postulado cuántico los sistemas no existen y evolucionan de forma continua en el tiempo; no pasan por estados únicos y definidos. Recordemos que, por un lado, la función de onda representa varios estados posibles del electrón que se definen solamente en el momento de

la medición. Por otro, el principio de indeterminación impide la determinación simultánea de variables como la posición y la velocidad, indispensables para describir una existencia continua espacio-temporal del mismo. En ambos casos, el espíritu de Copenhague nos indica que no es posible decir nada del comportamiento del electrón al margen de las mediciones. Por lo tanto, es inadmisible suponer que existe un estado definido antes de la medición o una posición que coexiste con una determinada velocidad medida. Evidentemente, este hecho pone en duda la idea clásica de la realidad independiente y la vuelve dependiente de los procesos que se realicen en ella para obtener la información de su estado y de su identidad. Recordemos que el electrón y el fotón son ondas y partículas dependiendo del dispositivo experimental usado para su descripción. En definitiva, desafía la noción clásica de realidad independiente sobre la que se erigía la noción de objetividad de la física clásica. Una cuestión de fondo, tanto ontológica como epistémica, estaba en juego.

Además, hemos visto que los procesos de cambio no están sometidos al principio de causalidad al estilo clásico, lo cual no permite una conexión en la historia de los procesos que admita una predicción certera de su comportamiento, por lo que presentan un comportamiento, de acuerdo a dicha interpretación, inherentemente estadístico.

Estas implicaciones entraban en franca contradicción con las convicciones más profundas de Einstein y otros físicos en torno a la realidad física, puesto que concebían un mundo causal, determinado e independiente de nuestras descripciones. Lo cual resulta francamente intuitivo. Poco se pudo dudar de la corrección de la teoría cuando las predicciones pronto se mostraron indiscutibles, sin embargo, el asunto de cómo habían interpretado Bohr y Heisenberg las estructuras matemáticas que proporcionan tales predicciones sí era una cuestión debatible. Aquí es donde reside el interés de la polémica. Si bien la vertiente *einsteniana* de la misma no se oponía (eventualmente) a que la teoría era correcta, sí consideraba que estaba incompleta, como analizaremos más adelante, y tal afirmación era producto de las diferen-

cias filosóficas respecto de la realidad física entre una y otra parte de la comunidad científica.

Esta última vía de interpretación intentaba mantener los principios de realidad sacrificados por Copenhague, a cambio de asumir que la teoría cuántica proporcionaba una descripción parcial de la realidad. Es decir, si la función de onda sólo posibilita probabilidades de estado, como Born indicó, se debe a que describe conjuntos de partículas y no individuos, entonces nos indica la fracción de partículas que se encuentra en un estado particular, no la probabilidad de que una sola partícula se encuentre en tal estado. Esto es porque carecemos del instrumento teórico que nos describa el estado preciso de un electrón en un determinado instante, pero éste, de forma individual, se comporta causalmente y no de forma probabilista. Asimismo, si el principio de indeterminación impide medir posición y velocidad de manera simultánea, no es porque el electrón no tenga estas propiedades simultáneamente, sino que la teoría es incapaz de obtener dichas descripciones, por lo tanto, está incompleta.

Así, la estrategia básica que siguieron los opositores de Copenhague fue la de separar las cuestiones ontológicas de las epistemológicas. La teoría cuántica representaba nuestro conocimiento de los fenómenos atómicos, pero este conocimiento estaba incompleto y por eso nos proporciona sólo probabilidades de estado y no estados definidos, así como una de dos variables canónicamente conjugadas. No obstante, para ellos, dichos estados se encuentran perfectamente definidos en la realidad, se comportan causalmente y poseen las propiedades clásicas de forma simultánea. Así, restituían los principios de una realidad independiente, perfectamente definida y causal, y el carácter probabilista y dependiente de la medición eran cuestiones atribuibles a la teoría.

Por último, mencionaremos que el comportamiento dual de los objetos atómicos descritos por Copenhague, como consecuencia de lo anterior, implicaba un desafío a la noción clásica de identidad pues no podemos afirmar que la luz o la materia sean estrictamente una partícula o una onda al margen de la medición de forma unívoca.

Aunque éste y otros debates en torno a la teoría cuántica han generado diversos desarrollos, tanto teóricos como experimentales, como el artículo EPR (Einstein, Poldosky y Rosen), las desigualdades de Bell, el experimento de Aspect y otras oleadas de experimentos que se han pronunciado, al menos hasta cierto punto, en favor del espíritu de Copenhague, la naturaleza filosófica de la discusión la ha mantenido vigente. Por ello resulta interesante y relevante profundizar en algunas de las consideraciones de Bohr y Heisenberg en la construcción de la interpretación, así como aportar elementos que ayuden a diluir dicha polémica.

Lo que voy a hacer a continuación es analizar determinados elementos del lenguaje cuántico establecido por la interpretación de Copenhague a la luz de la perspectiva pragmatista que desarrollé en el capítulo anterior, así como de las propias reflexiones y consideraciones de Heisenberg y Bohr. Para ello, seguiré el mismo orden de categorías que usé a propósito de la reflexión epistemológica y ontológica de Rorty.

## Lenguaje y conceptos cuánticos

A partir de lo que describimos en el primer capítulo quedó claro que para la interpretación de Copenhague la redefinición de diversos conceptos resultaba esencial, algunos de ellos no sólo en relación con la física, sino a las ideas mismas de *observación* o *fenómeno*. Una vez aceptada la corrección del formalismo, conceptos como posición y velocidad debían ser restringidos de acuerdo con el mismo, por tanto, la definición de trayectoria o partícula también debían ser revisadas, dado que dependen de las primeras. Si no podemos definir simultáneamente las variables que la definición de partícula exige, a saber, posición y velocidad, entonces la definición de partícula no puede ser aplicada. Esto implica que, de acuerdo al razonamiento seguido en esta interpretación, la exclusión mutua de los montajes experimentales para medir una u otra variables debe de ser considerada para la aplicación inequívoca de los conceptos. Por lo tanto, no solo la posibilidad de usar del concepto de partícula, sino la propia idea de qué queremos decir con fenómeno físico o con observación del mismo

o de las variables correspondientes ahora dependen de la relación del objeto con dicho montaje.

Así, como también dijimos en el primer capítulo, el formalismo cuántico nos obliga a delimitar el contexto donde usamos cada concepto, y dicha restricción está expresada cuantitativamente en las relaciones de incertidumbre. Atenernos a dicho contexto expresa la posibilidad de aplicar los conceptos sin caer en contradicciones. De acuerdo con el mismo Heisenberg, la cuestión de la simultaneidad de posición y velocidad de una partícula es un pseudoproblema, simplemente dicha condición está mal planteada ya que el formalismo la excluye como posibilidad (Hesienberg, 1962: 182).

Para analizar estas redefiniciones de los conceptos resulta útil tomar en cuenta algunas consideraciones sobre el lenguaje de los autores de la interpretación. Las contradicciones generadas al aplicar los conceptos clásicos sin restricción en los resultados cuánticos, motivaron un conjunto de reflexiones en torno a la naturaleza y función de lenguaje, y a cómo construir un vocabulario adecuado para describir los fenómenos cuánticos. Veamos cómo expresa Heisenberg dicha situación en retrospectiva:

> La necesidad de desbordar los confines de los conceptos clásicos se ha originado sobre todo con la ampliación técnica de nuestro ámbito de experiencias. Los conceptos clásicos no se adaptaban ya a la situación en que la naturaleza nos había puesto. Si una vez vemos al electrón describir su trayectoria como partícula en una cámara de Wilson y otra observamos que se refleja como una onda en una retícula de difracción, entonces el lenguaje de la física clásica no basta para hacer comprensibles estas dos observaciones como derivadas de un hecho único. Resulta pues, necesario determinar primero con mayor precisión los puntos en que los conceptos clásicos pierden su aplicabilidad unívoca (Heisenberg, 1962: 182).

Ante este escenario, que ya describimos en el capítulo uno, en el que no pueden ser aplicados los conceptos clásicos tal y como se entendían

en la física clásica, fundamentalmente se abren tres posibilidades al respecto que hasta hoy son objeto de controversia: plantear la necesidad de otros conceptos, ceñirse al lenguaje matemático y evitar una descripción cualitativa o bien plantear la redefinición de dichos conceptos limitando su campo de aplicación, pero sin abandonarlos.

La primera opción ha sido discutida y defendida por diversos autores, sin llegar alguna propuesta con mucho éxito,[52] principalmente porque no queda claro (ni resulta plausible) cómo podríamos construir un nuevo lenguaje que no estuviera enraizado en el que ya tenemos. En relación con la segunda opción, es posible encontrar de manera parcial en la comunidad científica esta tendencia por restringirse a hablar en términos del lenguaje formal y evitar las dificultades originadas por recurrir a descripciones cualitativas o a sólo conceptos físicos y no matemáticos, tales como onda y partícula. Sin embargo, eventualmente nos encontramos ante la dificultad de poder describir y comunicar en lenguaje ordinario, a un lego, por ejemplo, lo que ocurre en el mundo atómico. Dificultad de la que Bohr era muy consciente. Aunque Heisenberg en un inicio tiene una preferencia por el lenguaje matemático y relega la cuestión de las descripciones cualitativas a un segundo plano, sus reflexiones posteriores y las discusiones con Bohr le convencen de que los conceptos del lenguaje clásico son indispensables para la interpretación física.

A diferencia de la posición original del alemán, para el danés la cuestión de la interpretación cualitativa resulta central. Para este último, la mecánica newtoniana representa sólo un ideal de la explicación científi-

---

52 Paul Feyerabend (1989; 1962) ha criticado la actitud de Copenhague de mantener los conceptos físicos clásicos, con las restricciones impuestas por el formalismo, defendiendo lo que llama su crítica al Principio de invarianza del significado. Ana Rioja (2002) explora de forma crítica la opción de la creación de un nuevo lenguaje: aunque se han propuesto algunos neologismos para describir los fenómenos cuánticos parece que estos a su vez remiten a conceptos que eventualmente nos remiten al vocabulario clásico u ordinario.

ca en los distintos dominios de conocimiento. Sin embargo, los conceptos newtonianos que heredamos de la tradición filosófica y de nuestras experiencias cotidianas, como son el espacio y el tiempo, la causa y el efecto, son categorías preestablecidas del conocimiento que nos permitieron ordenar toda experiencia física posible. Con todo, la mecánica cuántica plantea la necesidad de trazar nuevos caminos para describir los fenómenos atómicos. En pocas palabras, la física pone a prueba nuestros conocimientos fundamentales y, en el caso de la teoría cuántica, nos obliga a replantear las nociones clásicas para reordenar la nueva experiencia.

Bohr dedica especial atención a la posibilidad de expresar los resultados en un lenguaje apropiado. Considera que cualquier esquema conceptual empleado imprime tanto expectativas como experiencias, y que las nuestras están contenidas en el lenguaje de la física clásica. El espacio, el tiempo y la causalidad son formas de percepción en las que experimentamos toda la realidad, por lo que son necesarias para hacer descripciones intuitivas. De tal forma que, según él, no es posible concebir hechos fuera del lenguaje clásico, ya que es el esquema universal al que estamos habituados (Feyerabend, 1962: 228-231).

Por otro lado, pero no completamente desconectado de la consideración anterior, el lenguaje ordinario es una herramienta básica que nace de la vida práctica y las relaciones sociales. La ciencia como actividad social que se constituye sumergida en el lenguaje requiere del lenguaje clásico para la comunicación (Bohr, 1988: 40). En este sentido, Bohr tiene una preocupación particular sobre las condiciones en las cuales es posible la comunicación objetiva de una experiencia. El problema, afirma, es que usamos una palabra en diferentes contextos para describir experiencias que son excluyentes (causalidad-espacio-temporalidad, onda-partícula), pero en la ciencia la base de la objetividad consiste en evitar ambigüedades (Bohr, 1964: 83-84): “Todo cuanto cabe exigir en

un campo de experiencia nuevo es la eliminación de todas las aparentes contradicciones"[53] (Bohr, 1964: 110).

Por tanto, todas las condiciones experimentales y las observaciones nuevas se han de describir con ayuda de los mismos medios de comunicación de la física clásica. La interpretación de todas las experiencias depende de los conceptos clásicos, lo que obliga a hacer uso de ellos. Para el físico danés la aplicación de estos conceptos es lo único que permite establecer la relación adecuada entre el simbolismo de la teoría cuántica y los datos de la experiencia (Bohr, 1988: 64). De hecho, el lenguaje matemático mismo es un refinamiento del lenguaje ordinario, en el cual debe hacerse toda descripción objetiva (Bohr, 1988: 35). La conclusión es inevitable: la opción para construir una nueva interpretación es la de ajustar los conceptos clásicos a las nuevas condiciones dictadas por el formalismo de la teoría cuántica.

Ahora bien, en las consideraciones antes descritas, y de acuerdo con los múltiples y sesudos estudios acerca del pensamiento de Bohr,[54] se

---

53 Resulta conveniente señalar que, de acuerdo con diversas interpretaciones, el principio de complementariedad es una aceptación del carácter contradictorio de las descripciones cuánticas. Sin embargo, un análisis de las reflexiones de Bohr indica que no es así, todo lo contrario: Bohr intenta mostrar que su vía de interpretación evita las contradicciones siempre y cuando nos ciñamos al uso de cada término en su respectivo contexto teórico y experimental. De hecho, una preocupación central de su trabajo hermenéutico está dirigido a resolver una aparente contradicción desde la perspectiva clásica, pero que no lo es en el contexto cuántico (porque los principios de realidad son diferentes).

54 El desarrollo intelectual de Bohr a partir del establecimiento de la teoría cuántica está recogido cronológicamente en tres colecciones de escritos (en español 1988; 1964; 1970). La primera colección comprende desde 1925 hasta 1929, se publicó por primera vez en alemán en 1931 *La teoría atómica y la descripción de la naturaleza* y en ella desarrolla sus ideas centrales en torno a la ruptura del formalismo cuántico con la física clásica y las consecuencias que lo llevan a establecer el principio de complementariedad como base interpretativa de la teoría. Así, Bohr inicia aquí el desarrollo de sus concepciones filosóficas acerca de la teoría cuántica, las cuales ira reescribiendo y modificando hasta el

han rastreado e interpretado diversas influencias filosóficas. Su influencia más directa fue de su profesor Harald Høffding y a través de él se han interpretado vínculos con filósofos tan diversos como Søren Kierkegaard, Kant o James.[55] No es el objetivo de este trabajo acudir a dichas

final de sus días. La segunda colección está compuesta por artículo que fueron elaborados entre 1932 y 1957, donde desarrolla las ideas centrales del libro anterior, incluyo el conocido debate con Einstein en los congresos de Solvay, además de intentar aplicar sus concepciones sobre la complementariedad a otros ámbitos del conocimiento humano. El tercero está destinado a extender sus conceptos cuánticos a los fenómenos electromagnéticos. Debido a los propósitos de este trabajo me restrinjo a la primera colección de escritos, usando ocasionalmente los restantes para matizar o aclarar algún concepto. Esto es debido a que en todos sus escritos algunas ideas se repiten, pero aparecen sutiles cambios en ellas que muestran la evolución conceptual de su perspectiva. Además, existen numerosos estudios que intentan ubicar la posición filosófica de Bohr dentro de alguna corriente particular, así como interpretar su posición respecto de los debates al interior de la filosofía de la ciencia, como el realismo, instrumentalismo, etcétera, como son los de Folse (1985), Faye (1991), etcétera.

[55] La influencia de James en Bohr es algo controvertida. Si bien, como señala Jammer, en los *Principios de psicología* (1890) del primero se puede leer en un apartado sobre "La inconsciencia de los histéricos" un principio de complementariedad que nos recuerda el caso que elabora el danés para la física atómica, este se da en el contexto de su explicación sobre el inconsciente. James afirma que existen casos en los que la consciencia puede estar dividida en partes que coexisten, aunque se desconocen mutuamente, inclusive compartiendo entre ellas un mismo "objeto de conocimiento" (James 1989: 176). No obstante, la influencia de Bohr a este respecto no queda clara. Aunque pudo haber utilizado esta relación como un símil para articular su explicación física, no se tiene evidencia cierta de que hubiese leído a James antes de elaborar su interpretación de la física. De acuerdo con su colega León Rosenfeld, Bohr tuvo contacto con el trabajo de James hasta 1932. Sin embargo, en una entrevista que dio a Aage Petersen y Thomas S. Kuhn, un día antes de morir, afirmó que había leído a James en Manchester en 1912. Jan Faye hace un estudio detenido de los estudios filosóficos directos e indirectos que Bohr pudo haber tenido desde la universidad y en círculos de estudio: si bien considera que estable-

influencias,[56] no obstante, en los párrafos anteriores sí podemos distinguir a grandes rasgos dos tipos de argumentos para preservar las categorías clásicas. El primero describe a los conceptos clásicos de causalidad

---

cer una clara influencia por parte de James parece excesivo, sí piensa que tuvo contacto con las ideas de este a través del propio Høffding antes de la complementariedad, pues el filósofo danés había ya estudiado y visitado al propio James en Estados Unidos, en el tiempo en que Bohr asistía a sus seminarios y conversaba con él constantemente. Se puede ver el análisis (Faye 1991: 19-35).

[56] Sin embargo, resulta interesante mencionar que estos estudios pueden esbozar la interpretación de Bohr como un cuadro teórico fundado en una actitud filosófica que era fruto del ambiente cultural que le envolvió. Este puede ser el caso de la complementariedad, que el mismo Høffding establecía entre categorías de la sensibilidad y del pensamiento kantianas a un nivel psicológico y epistemológico, o la noción de causalidad como hipótesis de trabajo que no necesariamente es válida a un nivel general. En particular R. Moreira (2004) desarrolla la tesis de que este principio de complementariedad de su maestro entre formas *a priori* de la sensibilidad y del entendimiento tiene el mismo sentido que más tarde Bohr introducirá en la física. Asimismo, el filósofo danés concibe que la continuidad y la discontinuidad son simultáneamente necesidades del espíritu e irreconciliables entre sí. Esta conjugación de lo irreconciliable con lo necesario de ambos conceptos es lo que caracteriza el pensamiento de Høffding y también a la interpretación que Bohr dará al formalismo cuántico. Aunque ambas complementariedades se encuentran a distintos niveles, es posible según Moreira traducir dicha complementariedad en términos científicos, como la necesidad e irreconciliabilidad entre una descripción causal y una espacio-temporal, tal y como lo plantea Bohr. No es que Bohr retome directamente del filósofo el concepto de complementariedad, pero los puntos de contacto entre ambos vuelven plausible la tesis de que resultó fundamental para su elaboración. Otra influencia señalada por Moreira es la idea de causalidad de Høffding como una hipótesis de trabajo de la cual no podemos estar seguros que sea generalmente válida; una necesidad de nuestro pensamiento para explicar los fenómenos como un todo coherente. Finalmente, considera que la ontología de la ciencia se restringe a lo que se observa sin especular lo que está detrás de estas observaciones. Como podemos ver, estas nociones son clave en la interpretación bohriana de la teoría cuántica.

y espacio-temporalidad como a *priori* y necesarios para la experiencia. Con ello sugiere la imposibilidad de tener experiencias al margen de los mismos. Llamaré a éste el argumento trascendental. El segundo está relacionado con elementos prácticos y sociales del quehacer científico. Cuando habla de la ciencia como práctica social, del lenguaje científico como refinamiento del lenguaje ordinario, y de la importancia de la comunicación echa mano de un conjunto de argumentos que denominaré pragmáticos. Estos son los que nos permitirán relacionar a Bohr con un aire pragmatista, como veremos más adelante.[57]

Por ahora señalaremos que para el momento del nacimiento de los principios de indeterminación y de complementariedad, tanto Bohr como Hesienberg están convencidos de que resulta indispensable comunicar los resultados de la teoría haciendo uso del lenguaje común comprensible para todo el mundo (Heisenberg, 1959:141). Los conceptos clásicos son el refinamiento de la vida diaria y parte esencial del lenguaje en el que se apoya toda ciencia natural, por lo tanto, en su consideración, no podemos abandonarlos (Heisenberg, 1959: 40-41). En palabras de Heisenberg:

> Por una parte las cuestiones que planteamos a la naturaleza mediante el experimento siempre se formulan recurriendo a los conceptos intuitivos de la física clásica, sirviéndonos en particular de los conceptos de espacio y tiempo, según los intuimos; pues no poseemos ningún otro lenguaje, adecuado a los objetos que cotidianamente nos rodean con que nos sea posible, por ejemplo, describir, la estructura de nuestros instrumentos de medición, y no podemos hacer experiencias más que en el espacio y el tiempo. Por otra parte, las formas matemáticas que se prestan para re-

---

[57] Como dijimos antes, hay hipótesis sobre la influencia de James en Bohr. Sin embargo, no parece haber evidencia clara que lo hubiese leído antes de la elaboración de la interpretación de la cuántica, pero quizá le sirvió para elaborar y ampliar el cuadro epistemológico y psicológico que elaboró los siguientes años, claramente motivado por la idea de generalizar la complementariedad en más campos.

presentar los datos experimentales son funciones ondulatorias en espacio de configuración pluridimensional que no permiten una interpretación simple e intuitiva (Heisenberg, 1962: 113-114).

Análogamente expresa Bohr:

En relación con esto hemos de reconocer ante todo que, aun cuando el fenómeno rebase el alcance de las teorías físicas clásicas, la descripción del dispositivo experimental y la referencia de las observaciones han de darse en el lenguaje habitual, complementado de modo adecuado con la terminología física técnica. Esto es una exigencia lógica clara, ya que la propia palabra experimento se refiere a un caso en el que podemos decir a otros lo que hemos hecho y lo que hemos aprendido (Bohr, 1964: 89).

De acuerdo con las consideraciones de Bohr, la ambigüedad de los conceptos surge de atribuir propiedades físicas a fenómenos que no permiten distinción precisa entre el comportamiento independiente de los objetos y su interacción con el dispositivo de medición, es decir, surge de usar en el nivel microfísico las nociones clásicas de onda y partícula en el marco de las suposiciones generales de la física macroscópica.

No obstante, si limitamos mediante los dos principios interpretativos que hemos expuesto el uso de los conceptos, estos tienen un significado inequívoco. A su vez, dicha redefinición se encuentra confirmada por la observación, es decir, no sólo es especulativa. Por ello decimos que existe un criterio operacional de los conceptos, pues su significado es definido por la manipulación o medición requerida para decir bajo qué concepto cae el objeto. El concepto del objeto no tiene significado al margen de sus manifestaciones fenoménicas, pues recordemos que las entidades inobservables carecen del mismo (Folse, 1985: 161). Así, un predicado físico sólo se aplica con significación en un contexto que incluye la medida de la propiedad que tal predicado expresa (Murdoch, 1989: 148).[58]

[58] Estas ideas las recupero de un artículo ya publicado (Hernández & Rodríguez, 2020).

Además, Bohr también piensa que el principio de correspondencia, que describimos en el primer capítulo, evidencia estas consideraciones respecto de los conceptos porque se puede regular el uso de ellos, fuera del dominio de validez clásico, postulando que la descripción cuántica coincide con el modo de descripción ordinario en la región límite en la que se puede despreciar el cuanto de acción (cuando la discontinuidad es tan pequeña que se acerca a la continuidad, esto es, cuando h, la constante de Planck, se aproxima mucho a cero). Así, en la teoría cuántica se usan los conceptos clásicos, dándoles una nueva interpretación que no entra en contradicción con el principio de individualidad o indivisibilidad del cuanto de acción. En suma, el principio de correspondencia realiza la función de puente semántico entre las dos teorías permitiendo interpretarlas de forma *más* intuitiva.

Estas consideraciones nos permiten interpretar la teoría cuántica, en la perspectiva de Copenhague, como un vocabulario en el sentido que lo expresa el pragmatismo y, al mismo tiempo, este punto de vista filosófico permite explicar el cambio conceptual ocurrido en la física. Precisemos algunos de estos elementos.

En este caso, la transformación del lenguaje o el cambio de vocabulario se puede analizar en dos etapas centrales. Ya dijimos que en la primera se renuncia, si bien no de forma definitiva, al lenguaje que elabora descripciones espacio-temporales continuas, como la órbita o la trayectoria (recordemos el proceso que sigue Heisenberg para encontrar la mecánica matricial o el que sigue Schrödinger a partir de seguir un modelo ondulatorio). Eso ayudó a establecer un formalismo eficiente para describir los fenómenos atómicos, es decir, un nuevo lenguaje matemático. Pero una vez establecido dicho lenguaje, en una segunda etapa se redefinieron los conceptos clásicos para dar una explicación cualitativa de los mismos. Así, en un primer momento se elabora en lenguaje formal teniendo como guía los experimentos, y en un segundo momento se elabora el lenguaje conceptual tomando como guía el lenguaje formal, los experimentos y varios presupuestos adicionales sobre la naturaleza del lenguaje científico y la realidad física. Después de estas dos etapas se

establecen nuevas reglas para describir los objetos cuánticos respecto de la explicación clásica.

En ambos casos veremos que las tesis lingüísticas del pragmatismo resultan de utilidad, puesto que la noción de herramienta vuelve menos enigmáticas estas etapas de cambio de vocabulario y disuelve parte del conflicto implicado desde la perspectiva clásica. Brevemente, voy a describir los tres elementos generales que pienso que realizan esta labor, para luego profundizar en aspectos de contacto más particulares en relación con el cambio conceptual y el pragmatismo, así como en las categorías epistémicas que hemos expuesto en el capítulo anterior.

En primer lugar, vemos que el origen de la indagación, tanto en la etapa inicial de la teoría cuántica como en la interpretativa, fue un problema o conjunto de problemas concretos; el problema del cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico, la necesidad de un nuevo formalismo o, más tarde, de una descripción cualitativa del nuevo formalismo, respectivamente. Este puede parecer un señalamiento trivial sobre la naturaleza del cambio científico, no obstante, pone en evidencia que, como dijo Dewey, es la situación problemática la que constriñe o condiciona las posibilidades de solución.

Observemos que, en un primer momento, las hipótesis cuánticas se restringen a modificaciones locales y puntuales de anomalías clásicas, pero sin una ruptura fundamental con la física clásica, particularmente con la naturaleza ondulatoria de la luz o con la descripción espacio-temporal de los objetos materiales (recordemos que BKS fue el último intento en este sentido). Pero en un segundo momento, la condición para Heisenberg y Schrödinger ya no es mantener las descripciones clásicas tal y como estaban establecidas, sino dar cuenta de experimentos a partir de nuevos fundamentos teóricos. En una tercera etapa, cuando se busca una descripción cualitativa, las condiciones, de acuerdo con Heisenberg y Bohr, consisten en que el nuevo formalismo es correcto y completo; la teoría describe sólo de lo que puede ser observado/medido; y dicha descripción debe ser realizada en términos de los conceptos clásicos. Por lo tanto, las respuestas a los problemas en estas etapas sucesivas sólo resul-

tan satisfactorias si admitimos de antemano tales condiciones, lo cual no necesariamente es aceptable para toda la comunidad científica. Particularmente, en la tercera etapa cuando se está construyendo una descripción cualitativa, y los requisitos no son exclusivamente de carácter formal o empírico, sino, sobre todo, filosóficos. Eso explica en parte que tal interpretación encontrará, entonces y ahora, objeciones.

Dicho en términos pragmatistas, la explicación cuántica se constituye a través de las condiciones particulares de la teoría y no de condiciones generales de la explicación física. En este caso, tales condiciones particulares están dadas por el cuanto de acción y su inherente discontinuidad como premisa fundamental; el uso de categorías que nacen de la experiencia ordinaria; una completud dada por la exhaustividad de los dispositivos experimentales; una comunicación sin ambigüedades como base de la objetividad.

En contraste, los supuestos de los escépticos apelaban a la posibilidad de categorías nuevas; o a la independencia del instrumento como base de la objetividad; o a una completud basada en hacer predicciones deterministas, por poner los ejemplos más relevantes. Ello pone de manifiesto a su vez que, como vimos en el capítulo pasado, no existe la inferencia a la mejor explicación de algo en abstracto, sino sólo la inferencia a la mejor explicación en relación a un fin (y ese fin incluye condiciones, por supuesto).

Las condiciones de las descripciones cuánticas ponen en evidencia que no podemos separarnos del lenguaje para explorar el mundo, como dice Rorty. Veamos cómo esta tesis, coincide con el espíritu de la reflexión de los físicos de la interpretación complementaria. Como vimos, una de las premisas interpretativas consistía en dar cuenta exclusivamente de los fenómenos observables, de tal forma que no pudiera elaborarse ninguna cuestión que vaya más allá de la experiencia. Cuando Heisenberg se plantea la pregunta que le llevará al principio de indeterminación, sobre cómo expresar una situación experimental con el esquema matemático nuevo, está supeditando la experiencia a la teoría. Se asume la prioridad lógica de la teoría sobre la observación, pero con

base en una teoría que ha sido constituida en función de un conjunto de experimentos una vez que se ha ignorado el esquema clásico. De tal forma que el lenguaje cuántico se ha constituido por la experiencia y posteriormente esta ha quedado supeditada a dicho lenguaje, ocurriendo sólo las situaciones que puedan elaborarse en él, quedando unidos de esta forma lenguaje y mundo, descripción y objeto.

Esta identidad se evidencia con mayor contundencia en la convicción sobre la *completud* de la teoría que Bohr y Heisenberg defienden ante Einstein: nada fuera de la teoría tiene sentido de ser dicho y todo experimento está sometido a sus consideraciones. La imprecisión de la medida establecida por el principio de indeterminación es una constante necesaria para el formalismo que permite conectar consistentemente e intuitivamente, según ellos, la estructura matemática con los experimentos a través del lenguaje clásico. Tal y como lo plantea Heisenberg, para hablar de las partículas atómicas sólo se puede usar el lenguaje matemático o combinarlo con un lógica modificada o no completamente definida.[59] No obstante, este inconveniente se evita si se limita el lenguaje a la descripción de los hechos y estos se definen operacionalmente; sólo bajo la observación adquieren realidad[60] (Heisenberg, 1959: 158).

Asimismo, la función de probabilidad abarca un amplio margen de posibilidades de estado y es reducida repentinamente a una definida en el momento de la medición, lo que hemos llamado el colapso de la función. El estado del objeto antes de la medida no tiene un sentido bien definido, no se puede hablar de él con significado, puesto en términos

[59] Recordemos que el principio de superposición implica que el objeto puede estar en varios estados a la vez, esto iría en contra de los principios de no contradicción y del tercero excluso, puesto que el electrón no está en un estado definido que pueda formularse como una proposición verdadera y hacer falsas las proposiciones sobre los demás estados. Revisaremos este aspecto más adelante.

[60] Si bien, como vimos en el primer capítulo, este no es estrictamente el razonamiento que sigue Bohr, para quien la mensurabilidad es una consecuencia de las posibilidades de definición (fundada a su vez en una condición epistémica).

de Copenhague. Por lo tanto, el uso del lenguaje al margen de la medición no está justificado (Heisenberg, 1959: 158). A su vez, nada que no sea formulado en el lenguaje cuántico puede ser experimentado o medido, quedando unidos palabra y hecho, a través de sus manifestaciones fenoménicas, prácticas. Recordemos el señalamiento definitivo de Heisenberg de que la posibilidad de simultaneidad entre posición y velocidad constituye un pseudoproblema, debido a que es imposible plantearlo en el formalismo.

El experimento más representativo y referido del espíritu de Copenhague sin duda es el de la doble rendija,[61] en el cual, en función del dispositivo usado, se puede observar un comportamiento corpuscular u ondulatorio de un haz de electrones (o fotones) que pasa por una doble rendija e impacta en una pantalla. Cuando los electrones van chocando en la pantalla conforman una pauta en el lugar contra el que chocan, como una serie de bandas paralelas en las que se alterna una densidad alta de impactos con una baja, es decir, aparece un patrón de interferencia. Ello obliga a recurrir al concepto de onda para explicar el fenómeno, y clásicamente nos lleva a la conclusión de que cada electrón pasa por ambas rendijas, para que las ondas de electrones tengan dos fuentes al otro lado y exista la interferencia. Pero si se coloca un detector detrás de la rendija para saber si el electrón ha pasado por ella (o por la otra) y medir su trayectoria, entonces las franjas de interferencia desaparecen.

---

[61] Como es bien sabido, el experimento de la doble rendija con partículas clásicas solo produce una proyección de las dos rendijas (por donde pasan estas provenientes de una fuente que las "dispara") en los impactos de la partícula sobre una pantalla. Las partículas cuánticas, al pasar a través de las dos rendijas producen una franja de interferencia como las ondas. Sin embargo, si se intenta detectar por dónde pasó cada partícula se destruye el patrón de interferencia. Casi cualquier texto divulgativo de teoría cuántica incluye la explicación de este ejemplo (por ello me parece redundante exponerlo en detalle), incluso hay múltiples ilustraciones y explicaciones en internet. Si se quiere una explicación más técnica, pero muy clara al respecto, se pueden consultar la explicación que elabora Richard Feynman en sus lecciones.

Por tanto, aparentemente, si no intentamos detectar por cuál rendija pasan, se comportan como si pasaran por las dos, pero si lo intentamos, sólo pasarán por una. El error, de acuerdo con Bohr, radica en preguntarse qué hace el electrón antes de ser detectado (¿pasa o no pasa por las dos rendijas?). Esta es una pregunta ilegítima o un pseudoproblema porque insiste en que existe una característica microscópica fundamental que subyace en las predicciones y mediciones que hacemos[62] (Ball, 2018: 62). En el espíritu de Copenhague no hay nada que nos autorice a formular tal cosa: la ecuación de Schrödinger sólo predice resultados de las mediciones. Esta solución ilustra el rigor con el que hay que restringirse al lenguaje cuántico y a los observables. Insiste en que el sistema no tiene ninguna propiedad hasta que hacemos la medición porque el fenómeno que tenemos que entender es el experimento completo: ello evita contradicciones o descripciones subjetivas o caprichosas. Por tanto, se trata de dos fenómenos distintos, cuando ponemos el detector en la pantalla o en la rendija.

De acuerdo con lo anterior, la afirmación sobre la corrección y el carácter exhaustivo de la interpretación se basa en el acuerdo de sus consecuencias con la experiencia y el hecho de que agota las posibilidades de observación de los fenómenos atómicos, no tanto en la satisfacción de una concepción sobre la realidad (clásica) previamente aceptada. Lo cual coincide con la tesis pragmatista de que los criterios de aceptación de un lenguaje están dados por la práctica, sin necesidad de un punto de vista *natural* o necesario que sea anterior o independiente de ella. Dicho en términos del mismo Bohr: "No existe un mundo cuántico. Sólo existe la descripción abstracta de la física cuántica. Es erróneo pensar que el objetivo es averiguar cómo es la naturaleza. La física se ocupa de lo que se puede decir de la naturaleza" (citado en Ball, 2018:62).

---

[62] Como indica P. Ball, si intentamos imaginarnos una hipótesis con partículas y ondas que produzca esos resultados llegaremos inevitablemente a una conclusión absurda de que las ondas "notan" que las observamos y deciden convertirse en partículas (2018: 62).

Por tanto, nuestra visión del mundo atómico está condicionada por nuestra interacción con él, es decir, por los experimentos, pero dicha interacción, a su vez, depende de y genera un conjunto de valores epistémicos, intereses y premisas que dirigen todas nuestras prácticas (recordemos que Bohr afirma que nuestro esquema conceptual imprime expectativas). Los valores e intereses epistémicos y ontológicos de Copenhague diferían de los de Einstein o Schrödinger.[63]

Asimismo, apropiarnos de la perspectiva instrumental del lenguaje en contraposición con la *representacionista*, que explica los fenómenos en función de la correspondencia, presenta ventajas para explicar este episodio científico. En primer lugar, bajo esta óptica las herramientas lingüísticas de la teoría cuántica se transforman generando nuevas formas de hablar sin preocuparse por la unificación, la consistencia entre teorías o la continuidad con léxicos anteriores o contemporáneos, como la teoría clásica, la relatividad o alguna otra (recuérdese el contraste de Rorty entre rompecabezas e instrumentos a propósito del lenguaje). Veamos que cuando tenemos herramientas nuevas no hace falta preocuparse por su relación con herramientas antiguas, alguna de ellas puede ser que ya no nos sea de utilidad, y otras más pueden seguir siendo usadas para otro tipo de problemas, algunas pueden y es muy probable que compartan algunas de sus características y otras no. No obstante, la característica relevante es la de la utilidad, no la de la correspondencia o la de permanencia de estructuras o términos. Este espíritu también puede rastrearse en la función que Bohr la atribuye al principio de correspondencia: éste representa un vínculo pragmático entre física cuántica y física clásica, pues permite ser un puente semántico y conservar los mismos significados de los términos clásicos en el dominio cuántico, a pesar de que puede no serlo en un sentido ontológico, pues los principios de rea-

[63] Como afirma P. Ball: "al final la perspectiva que nos parece convincente es la que se inclina más a favor de nuestras ideas preconcebidas y prejuicios. En lo que pensaban de la teoría cuántica, vislumbramos la personalidad de Einstein, Bohr, Heisenberg, Schrödinger, Wheeler, Feynman" (Ball, 2018: 88).

lidad no son compartidos por las dos teorías (si bien Bohr habla de lo clásico como una idealización de lo cuántico).

Al mismo tiempo, abandonar la representación por el instrumento permite explicar el cambio en los conceptos, para lo cual echaremos mano también de las consideraciones de Bohr y Heisenberg sobre los mismos que hemos expuesto antes. Como vimos, podemos encontrar en la argumentación de Bohr[64] para defender la necesidad de las categorías clásicas un conjunto de consideraciones de carácter práctico y social. Dijimos que, según él, la ciencia como actividad social se constituye sumergida en el lenguaje, de hecho, el lenguaje científico es un refinamiento del lenguaje ordinario, y a su vez el lenguaje es una herramienta básica que nace de la vida práctica y las relaciones sociales. La conclusión del danés es que el lenguaje clásico es indispensable para posibilitar la comunicación sin ambigüedad en la teoría cuántica (Bohr, 1964:40). Usamos dichas categorías porque nacen de la experiencia y por ello resultan útiles para comunicar los resultados experimentales.

De acuerdo con las consideraciones anteriores, los físicos conciben el lenguaje, tanto ordinario como científico, como una herramienta que nace de la acción y que tiene un carácter social. Lo cual claramente coincide con la perspectiva filosófica que queremos defender aquí. Pero la similitud no se limita a dicha consideración general. Recordemos que Rorty, siguiendo a Wittgenstein, piensa que todo vocabulario se constituye a través de las condiciones particulares para posibilitar la comunicación. Y es que, para Bohr y Heisenberg, como dijimos, ocurre lo mismo, y tales condiciones inequívocas en el vocabulario de la teoría cuántica están dadas por las categorías clásicas. Por lo tanto, dicha perspectiva coincide con la afirmación de Rorty de que la comunicación como función del lenguaje tiene que ver con usar instrumentos compartidos para satisfacer necesidades comunes. Si bien en términos generales, podríamos decir que toda la comunidad de físicos (en principio)

[64] También se encuentra este tipo de argumentación en Heisenberg, pero con menos énfasis, por lo que el argumento parece venir de sus conversaciones con el danés.

comparten la necesidad de elaborar una descripción cualitativa (al menos en 1926), no todos están de acuerdo en los instrumentos efectivos para satisfacerla, como hemos visto.

Asimismo, el proceso de redefinición de los conceptos cuánticos, elaborada por ambos físicos entre 1926 y 1927 que hemos sintetizado en el capítulo primero, parece adecuadamente descrito cuando Rorty dice que la máxima wittgensteniana, desde su interpretación pragmática, sugiere que para atribuir significados a las proposiciones basta con una crítica de los viejos usos durante un periodo de tiempo lo suficientemente prolongado. De hecho, dicho proceso, también parece adecuadamente descrito cuando el filósofo norteamericano afirma que los cambios culturales de gran envergadura ocurren en medio de una suspensión de los criterios antes admitidos, pero que tampoco resultan arbitrarios. Recordemos que los criterios para usar los términos clásicos son modificados, pero tienen como guía las restricciones del formalismo y el resultado de los experimentos. Como piensa el norteamericano, parece que el desuso paulatino de un vocabulario, el clásico en el dominio atómico, fue constituyendo nuevos criterios de elección: las restricciones impuestas por el principio de complementariedad y de incertidumbre. Por lo tanto, también es cierto que dicho cambio no ofrece argumentos en términos del viejo vocabulario. En parte, por eso resulta controvertido.

En este sentido, la interpretación de Copenhague se va instituyendo paulatinamente como una redescripción útil y persuasiva respecto de lo clásico, pero no es una argumentación definitiva en relación con las alternativas, puesto que está estableciendo nuevos criterios. Crea: "una pauta de conducta lingüística que la generación en ciernes se siente tentada a adoptar" (Rorty, 1991: 29). Así, podemos concebir mejor el nacimiento de la interpretación, si apelamos a su forma de describir el cambio de vocabulario cuando nos dice que este más bien sugiere que pensemos de un modo nuevo, porque lo tradicional se ha vuelto fútil, a saber, el uso clásico de los conceptos que resulta contradictorio. Más aún, se han vuelto poco útiles sus principios de realidad y las propias concepciones de fenómeno y observación, según piensa Bohr.

Rorty considera que un nuevo vocabulario sugiere que "podríamos proponernos dejar de hacer esas cosas y hacer otras" (Rorty, 1991: 29). En este caso dejar de hablar de la forma clásica sobre ondas y partículas, sobre causalidad y espacio temporalidad, en definitiva, sobre fenómeno y observación, y en cambio ahora concebirlas complementariamente en relación con el dispositivo de medida. Pero como indica el norteamericano, eso no lo pueden hacer sobre la base de "criterios precedentes comunes al viejo y nuevo juego del lenguaje. Pues en la medida en que el nuevo lenguaje sea realmente nuevo, no habrá tales criterios" (Rorty, 1991: 29). Bohr, consciente de ello, afirma que se trata de un nuevo marco lógico y conceptual.

Ahora bien, no sólo el proceso y la argumentación para justificar el cambio de significados puede encontrar conexiones con la perspectiva pragmatista, sino que la forma en que los términos adquieren significado también puede ser iluminada con este punto de vista. Por un lado, recordemos que el principio de indeterminación proporciona la relación que delimita el significado de los conceptos de localización, velocidad, energía y tiempo. Por tanto, el carácter de las propiedades del electrón en relación con estas variables depende de dicha relación, pues ésta restringe su uso simultáneo, en casos como la posición y la velocidad. Por otro lado, los conceptos son definidos operacionalmente como hemos dicho, puesto que es indispensable prescribir un procedimiento que permite medir la cantidad referida a dicho concepto (Jammer 1974: 68). Es decir, la nueva definición está restringida a un contexto de aplicación, pero dicho contexto está también determinado por la interacción de los objetos, pues se reduce a su mensurabilidad, según Heisenberg, o a sus posibilidades epistémicas, de acuerdo con Bohr[65].

Según *la máxima pragmática*, los conceptos no son sino sus consecuencias prácticas, y éstas, a su vez, están determinadas por las relaciones

---

[65] En este sentido, la perspectiva pragmatista también diluye la distinción entre ambos físicos, o el cambio en la argumentación de Bohr, sobre la precedencia lógica de lo semántico o lo epistémico en la interpretación.

inferenciales del formalismo. Por ejemplo, la simultaneidad entre posición y velocidad, que resultaba fundamental en la física clásica para la definición de partícula, está mal planteada en el dominio cuántico. Dicha oración no tiene significado en la teoría cuántica, ya que el formalismo a través de las relaciones establecidas por Heisenberg impide siquiera su formulación. Por tanto, cualquier oración en referencia a una trayectoria continua pierde sentido en el contexto cuántico.

Todas estas consideraciones dejan claramente establecida la tesis pragmatista que se satisface en el *espíritu* de Copenahgue, en la cual la idea del objeto al margen del lenguaje es un sinsentido, como ya dijimos. Una actitud comparable tiene Bohr (que no idéntica) al afirmar que la descripción es completa porque no podemos tener más información del objeto más que la que nos proporciona el vector-estado y la interpretación que nos proporciona de dicho vector da cuenta de todos los experimentos posibles. Por lo tanto, no ve motivo para postular propiedades más allá de la descripción del sistema, en una realidad independiente de la teoría cuántica. De esta forma, el cambio de conceptos se explica mejor de este modo que en términos de una 'mejor correspondencia' con la realidad.

Ahora bien, uno de los aspectos en los que se evidencia con particular énfasis dicho carácter problemático de la correspondencia y también uno de los aspectos más controvertidos de la interpretación de Copenhague concierne a la identidad del objeto, por tanto, el problema de la referencia. Dijimos en el capítulo anterior que, de acuerdo a la noción de correspondencia entre palabras y mundo, la referencia (moderna o positivista) se concibe a partir de *anclajes* que permiten identificar el objeto, pero dicha identificación debe ser independiente del esquema o juego lingüístico en el que el objeto es descrito. Esta concepción de referencia, por tanto, se concentra en preguntas del tipo ¿cómo sabemos que los términos de un vocabulario o teoría realmente refieren a entidades en el mundo? o ¿cómo se sabe que estas entidades son como mis descripciones afirman?

Sin embargo, en el caso de la teoría cuántica dicha noción tropieza con una peculiaridad respecto de los objetos en la teoría clásica, a saber, que la identificación del objeto y su correspondencia con el respectivo concepto está supeditada al dispositivo experimental elegido, por lo que su existencia y caracterización no pueden ser independientes en el sentido antes descrito. Es decir, la relación entre la palabra onda o partícula y el objeto cuántico depende de las consideraciones del esquema cuántico y la referencia del objeto depende de la medida. Análogamente las propiedades que corresponden a las variables canónicamente conjugadas (x, p, t, E) presentan dicha dependencia. Una de las cuestiones más polémicas sobre la interpretación de Copenhague concierne a estas consideraciones, como dijimos, puesto que siguiendo su razonamiento: el electrón es onda y partícula. Por lo tanto, a propósito del mismo objeto, (i.e. el electrón), se habla en términos de dos conceptos que poseen propiedades contradictorias o epistémicamente incompatibles, dependiendo del dispositivo de medida.[66]

En este escenario, la respuesta pragmatista disuelve el problema puesto que, en ella, una vez más, la relación entre palabras y mundo se entiende en términos de uso no de un vínculo con la realidad independiente de la descripción. Dijimos en el capítulo anterior, que la preocupación sobre la referencia como algo independiente del lenguaje hunde sus raíces en la confusión entre una teoría semántica y una epistemológica, entre establecer significados útiles y asegurarnos de que hablamos de entidades no ficticias. Pero ésta última es una búsqueda metafísica que el pragmatismo rechaza, por lo que sólo tenemos palabras que se usan de manera concreta para fines concretos[67].

---

66 Recordemos que Einstein concibe que las propiedades de los objetos deben ser completamente independientes de los medios de observación.

67 Un realista al estilo de Einstein podría objetar, por ejemplo, que su fin es definir la naturaleza del electrón, en el caso de la mecánica cuántica. No obstante, encontrar dicha naturaleza, entendida como la esencia en sí misma del electrón, independiente e incondicional, resulta una tarea imposible para la perspectiva pragmatista (y no solo para la

Si seguimos a Davidson en su crítica a la dicotomía entre esquema y contenido pierde sentido la pregunta de si el objeto se corresponde o es *realmente* como indica mi descripción. En contraste, cualquier propiedad puede ser bajo consideraciones adecuadas, por ejemplo, el dispositivo experimental apropiado, el identificador relevante de un término. Además, se sigue que ninguna de estas propiedades es su esencia, ninguna es más real que otra, sino más útil respecto de un fin, en este caso, dar cuenta de un arreglo experimental concreto de forma consistente con el formalismo aceptado. Así, la perspectiva antiesencialista del objeto, resulta útil para interpretar la identidad del objeto cuántico, tesis en la que profundizaremos más adelante.

Con todo esto el pragmatismo sugiere que el factor relevante respecto a la referencia cuántica es la capacidad para identificar objetos y facilitar la comunicación: para describir lo que hemos hecho, diría Bohr. El hecho de que podemos mantener una conversación coherente acerca del electrón es un signo de tener la descripción que identifica y saber qué cuenta como evidencia favorable o en contra de lo que se afirma. Bohr revela el aire pragmatista de sus consideraciones, cuando concibe la posibilidad de comunicación inequívoca de los fenómenos atómicos como base de la objetividad, más que la independencia lingüística e instrumental de estos. Por tanto, no muestra demasiada preocupación por mantener un sentido clásico de la referencia del electrón.

Rorty en particular sigue a su antiguo alumno Robert Brandom (1994) en la idea de que existen diversos tipos de existencia, y la existencia está determinada por las reglas de inferencia de las descripciones de un vocabulario determinado. Estas reglas proporcionan los compromisos de existencia u ontológicos de los objetos; lo que podemos afirmar o negar acerca de ellos de acuerdo con el juego lingüístico correspondiente. En este caso, diríamos que el electrón existe en el sentido de las descripciones implicadas por la complementariedad, pero no tenemos, como Einstein, compromisos ontológicos anteriores a ésta. Queda

pragmatista que aquí estamos presentando, sino para cualquier forma de historicismo).

claro que este punto de vista no está interesado en un punto de vista trascendental sobre la existencia, sino que se restringe a una semántica que nos diga el modo en que las palabras se relacionan con el mundo en un contexto concreto, que no necesita ser consistente con otros ni es inmovible.

Ahora bien, como aclaramos en el capítulo pasado, ello no implica negar nuestra relación causal con un mundo independiente de nuestro lenguaje y experiencia; dichas causas hacen posible nuestros juegos lingüísticos. Pero estos últimos tienen una naturaleza híbrida porque incluyen los estímulos del mundo, pero también nuestra respuesta a dichos estímulos (la cual puede variar enormemente dependiendo de nuestros instrumentos teóricos). Por ello podemos construir muchas teorías para describir las mismas estimulaciones causales, sin caer en la arbitrariedad. El caso de la mecánica cuántica muestra con particular claridad esta situación. Por un lado, tenemos más de una interpretación razonable de la teoría y más de una teoría disponible para los fenómenos atómicos. Parte de la elección entre ellas ha dependido de los supuestos ontológicos y epistémicos de los científicos que no provienen directamente de las experiencias atómicas (aunque otros más sí o eventualmente se traducen en una diferencia experimental). En ese sentido son elementos metafísicos, con los que están comprometidos y que condicionan sus elecciones (una interpretación probabilista de la función de onda, o estadística, la existencia de un mundo físico independiente de la teoría, etcétera). Por otro lado, estos elementos no son arbitrarios en tanto están supeditados a la eficiencia de las descripciones físicas.

Finalmente, podemos decir que adoptar la perspectiva pragmatista del lenguaje, rechazando la noción de correspondencia, evita el debate sobre el carácter antirrealista o idealista de la teoría. Dicho debate se articula a partir de la distinción entre esquema y contenido que Davidson ha criticado. Afirmar que la interpretación de Copenhague o la descripción cuántica es antirrealista o cae en el idealismo o subjetivismo (por el papel determinante del observador, como a veces se interpreta el papel

de la medición), supone que la teoría es un esquema con la cual el mundo se corresponde o no. Pero hemos evitado ya esa premisa.[68]

En suma, las tesis de Quine, Wittgenstein, Davidson y Brandom interpretadas por Rorty parecen adecuadas para dar cuenta del lenguaje y los términos en la interpretación que nos ocupa. El significado de los términos está determinado por el lugar que tienen en un contexto dentro de una red lingüística y sus términos dependen de las ideas generales que determinan su ontología en el discurso. Bohr resulta particularmente enfático en este aspecto, cuando afirma que el electrón simplemente no existe en ningún lugar hasta que llevamos a cabo una observación. Dicha lectura se desembaraza de los problemas sobre la permanencia, tanto del significado como de la referencia, así como de la relación de correspondencia entre lenguaje y mundo físico.

De esta forma se hace evidente que, así como desde el pragmatismo, desde esta interpretación, el nuevo marco descriptivo de la cuántica no muestra la naturaleza en sí misma, como se pensaba desde la tradición, sino presentada a nuestros métodos de investigación, como en diversas ocasiones consideró el físico danés.

## La teoría cuántica: ¿verdadera?

El siguiente concepto que exploraremos de este cambio científico es el de la verdad, siguiendo la estructura del capítulo anterior. Si bien es evidente que ni Bohr ni Heisenberg elaboran una teoría de la verdad en sentido filosófico, sí es posible rastrear el uso que hacen del término a través de su interpretación. Por un lado, de nuevo señalaremos algunos sentidos en que ese uso se adecua a las consideraciones pragmatistas que hemos señalado al respecto. Por otro lado, también

[68] A este respecto, esta postura es muy parecida a lo que Arthur Fine denomina *The Natural Ontological Attitude*, para cuestionar las premisas del debate realismo-antirrealismo o instrumentalismo. Fine se ocupa de interpretar en ese terreno la teoría cuántica de forma más técnica y precisa en *The Shaky Game* (1996).

apuntaremos cómo adoptar esta perspectiva para entender la revolución cuántica, una vez, más diluye la controversia en torno a ella.

Una vez más, el primer vínculo evidente, pero nada trivial, es el de la práctica. Recordemos que cuando nace el formalismo de Heisenberg, éste realiza el ejercicio de poner de lado sus preconcepciones clásicas sobre los objetos físicos y se atiene a los resultados medibles, que eran en términos de frecuencia y energía. En este primer momento está sujetándose exclusivamente a las manifestaciones experimentales/prácticas de dichos objetos para construir una teoría correcta sobre los procesos atómicos. Pero en un segundo momento, cuando está establecido el formalismo, tanto él como Bohr formulan una interpretación exclusivamente acerca de lo que medimos en los experimentos. Por lo tanto, en ambos casos están dispuestos a priorizar las consecuencias y manifestaciones prácticas de los procesos físicos, por encima de las nociones más básicas e intuitivas, no obstante, meramente especulativas en este dominio. Hay una clara actitud antimetafísica en los físicos que le resulta muy familiar al pragmatismo. Por lo tanto, tanto el carácter práctico de la verdad como su naturaleza proposicional, sin afirmaciones ni justificaciones más allá de la red que configura el formalismo son compromisos claros en Copenhague.

En ella, las oraciones de la teoría expresan nuestras creencias (o de la comunidad científica) acerca de los objetos atómicos, y se justifican debido a su eficiencia empírica, como ya mencionamos, pero también por las cuestiones de práctica social que habilitan la comunicación (recordemos que esto es parte del argumento de Bohr para defender los conceptos clásicos). Adoptar el léxico de los conceptos clásicos restringidos por el formalismo cuántico y sus consecuencias permite volver más coherente la práctica científica, de acuerdo con Copenhague, porque permite una descripción sin contradicciones ni ambigüedades. Por tanto, este talante de la interpretación no sólo no reclama una condición metafísica, como ya dijimos, sino se vincula con el carácter social de la verdad que ha defendido Rorty.

Adicionalmente, el episodio histórico pone en evidencia una de las afirmaciones más controvertidas del filósofo norteamericano, a saber, que los criterios que posibilitan la verdad de las proposiciones dependen de la comunidad en cuestión. A pesar del éxito predictivo indiscutible de la teoría, la interpretación de la misma genera controversia, dependiendo de las diferentes comunidades de físicos, sus tiempos históricos e idiosincrasias o intuiciones filosóficas.

Pero detengámonos un poco en la cuestión de la justificación, que es el elemento central de la verdad para el pragmatismo. En este caso podemos ver dos aspectos centrales en la teoría. En primer lugar, se encuentran las justificaciones de la teoría formal de la estructura matemática. En este nivel, una vez que se axiomatiza la teoría es fácil ver cuáles son las inferencias permitidas y prohibidas, por lo tanto, lo que está justificado y lo que no. En este sentido, el principio de indeterminación es indiscutible puesto que se deriva formalmente de la relación mecánico-cuántica fundamental. Por ello, Heisenberg es contundente cuando afirma que si dicho principio llegara a violarse no sería posible la mecánica cuántica. Así, la forma de justificar o no el formalismo es bastante clara: si contradice la experiencia es incorrecto y si la predice es correcto, tanto que hay dos formalismos harto distintos pero igualmente eficientes.

En segundo lugar, aparece otro aspecto de las justificaciones de la teoría que es el cualitativo. En tanto el formalismo es una estructura abstracta, no nos dice de manera unívoca qué ocurre cualitativamente en el mundo atómico. Para ello requerimos el lenguaje no formal. Por lo tanto, para relacionar las estructuras matemáticas con el lenguaje cualitativo necesitamos ciertas consideraciones adicionales que también requieren justificación (esta es, en general, una de las dificultades de las teorías físicas contemporáneas). Pero este tipo de justificaciones ya no están completamente enraizadas en la experiencia o las relaciones formales. En el lado de Copenhague, están fundamentadas en las consideraciones que hacen Bohr y Heisenberg sobre el lenguaje, la ciencia,

la necesidad de las categorías clásicas, su sentido empirista y antimetafísico.

Pero estas cuestiones no son irrenunciables, obvias ni definitivas. Por el contrario, para Einstein, por ejemplo, es claro que hay una realidad causal más allá e independientemente del lenguaje o la experiencia, y en dicha independencia está depositada la noción de objetividad. Por lo tanto, la justificación al nivel cualitativo resulta más controvertida, ya que no encontramos aquí criterios definitivos.[69] Eso expresa el carácter contextual e histórico de la justificación, en contraste con lo que la visión más positivista de la ciencia ha defendido.

De manera más específica, como vimos antes, el punto de partida de Bohr es que el cuanto de acción implica una limitación esencial en las ideas clásicas cuando se aplican a los fenómenos atómicos. Es decir, que la descripción causal y la espacio-temporal son idealizaciones que, debido a la suposición de continuidad en los procesos clásicos, podían ser aplicadas simultáneamente, pero en el caso cuántico, tal aplicación resulta injustificada. No obstante, el lenguaje clásico es indispensable porque en él se encuentran plasmadas nuestras representaciones habituales. El espacio, el tiempo y la causalidad son formas de percepción en las que experimentamos toda realidad, por lo que son necesarias para una descripción intuitiva.

Pero este hilo argumentativo que he sintetizado no es el único posible, ya vimos que, por un lado, unos pueden optar por renunciar al lenguaje clásico para crear uno nuevo y, por otro, otros prefieren insistir en restituir los principios de realidad clásicos, en contraste, con concebirlos como meras idealizaciones. De hecho, como mencioné al inicio, buena parte de la comunidad científica que admite la interpretación probabilista de la función y la completud de la teoría, prescinde del principio

[69] Recordemos que, aunque en relación a la *completud*, la localidad y la causalidad, la perspectiva de Copenhague ha salido airosa de las objeciones en los dispositivos experimentales, existen un conjunto de objeciones interpretativas a los mismos.

de complementariedad, ya sea porque no tiene un sustento formal, sino exclusivamente filosófico, o por cuestiones pragmáticas.[70]

Como conclusión podemos afirmar que el cuadro teórico que nace del Centro Copenhague a partir de 1927 para interpretar la realidad cuántica, así como su justificación, tienen como premisas un formalismo eficiente, un criterio práctico sobre la verdad, pero también un conjunto de ideas sobre la realidad, el lenguaje y la investigación que fueron fruto del ambiente filosófico que vivieron sus autores o de sus consideraciones personales en cuanto a la realidad física. Ya exploramos algunas de dichas premisas y más adelante profundizaremos en algunas otras.

Esto pone de manifiesto la afirmación de Rorty de que los estándares de justificación dependen de la comunidad en cuestión. Es decir, si bien los criterios de justificación se dan por ventajas relativas a las alternativas que se tienen, por ejemplo, la interpretación de Copenhague evita la necesidad de completar la teoría, sin embargo, el precio que hay que pagar es que debemos renunciar al mundo causal e independiente de los medios de observación. Pero, pagar dicho precio, o preferir vías como la de la mecánica bohmiana (el intento más exitoso para completarla) parece ser algo que no se puede alcanzar con una justificación definitiva, inapelable, al menos por el momento. En este sentido, el estado abierto de la controversia cuántica a nivel filosófico muestra que no hay, al día de hoy, una evaluación que trascienda toda comunidad posible y que valga para toda autoridad normativa de justificación posible, es decir, los criterios de evaluación son *intraculturales* e *intralingüisticos*.

De esta forma, las suposiciones más básicas que se consideraban plenamente justificadas en la descripción física clásica, en el nuevo contexto cuántico son injustificadas. La física cuántica no es un marco en el que los sistemas evolucionan y existen de forma continua en el espacio

[70] Como ya hemos dicho en la introducción es frecuente que en la comunidad científica se hable simplemente de sistemas físicos y sus variables, ya que en nada cambia los resultados cuantitativos sin necesidad de adquirir compromisos ontológicos con las nociones de onda y partícula.

y en el tiempo, sino que existe una discontinuidad inevitable en todo fenómeno físico. Los estados de los sistemas no son únicos y definidos, pues es posible asignar simultáneamente más de un estado posible a un sistema cuyas propiedades sólo están definidas mediante la medición. Por tanto, dentro de ese marco se considera que el comportamiento de los sistemas clásicos ya no está sometido al principio de causalidad usado en la física clásica y presenta un comportamiento inherentemente estadístico. Con todo lo anterior puede concluirse que las suposiciones de la teoría clásica y las condiciones de verdad para una descripción física han sido modificadas.

Así, en la medida en que la teoría cuántica desafió nuestras representaciones habituales sobre la realidad física se pone de manifiesto cómo es que nuestra concepción del mundo está supeditada a las posibilidades de nuestro lenguaje (por supuesto que también al mundo, pero esta tesis es trivial) y, por tanto, también lo está la noción de verdad. La verdad no es otra cosa que lo que satisface nuestras normas y estándares actuales (las de una comunidad lo más amplia posible). Así, este ejemplo vuelve plausible la tesis rortiana de que la verdad como correspondencia con la realidad, independiente de nuestro lenguaje (como la pensaba Einstein), es una noción absoluta, y este carácter la elimina como meta de la investigacion.

No obstante, resulta importante recordar que tal conclusión no nos lleva al escepticismo, idealismo, relativismo, instrumentalismo o subjetivismo, pues todas esas posiciones dependen de una perspectiva dualista (esquema-contenido, lenguaje-mundo) que hemos rechazado. Salir de la dualidad entre la verdad independiente y la subjetividad supone dejar de pensar en una realidad independiente (en un sentido no causal) de nuestras descripciones, a la que no tenemos acceso porque, justamente, está más allá de nuestras descripciones (es tautológica). Ineludiblemente nuestras descripciones dependen del lenguaje porque de otra forma estaríamos en la posición que Putnam llama “el ojo de Dios”, pero describen los estímulos del mundo causalmente independientes de nosotros.

En este caso, el formalismo cuántico y los conceptos clásicos describen exitosamente los estímulos del mundo microscópico.

Recordemos que Rorty afirma que no se puede distinguir claramente el papel de nuestra actividad descriptiva, nuestro uso de palabras y el resto del universo cuando explicamos la verdad de nuestras creencias. Los hechos en la teoría son aquellos que la descripción cuántica admite y toda descripción no es más que lo que un hecho experimental manifiesta. La descripción funciona eficientemente de acuerdo con las premisas obligadamente admitidas (la discontinuidad en primer término). De tal forma que, vemos la posibilidad de aplicar plausiblemente la trivialización rortiana de la verdad: lo verdadero es lo que funciona y lo que funciona es verdadero.

Este ejemplo también nos deja ver y permite afirmar la tesis de que la prosecución de una verdad independiente de suposiciones no empíricas es algo que no sabemos cómo realizar. El acuerdo es una tarea fundamental de la verdad. No se trata de cualquier acuerdo, sino del acuerdo que cumple mejor con los objetivos que la comunidad de investigación se ha puesto.

Podemos finalizar argumentando en favor de la tesis central de Rorty en relación con la verdad, que ésta se reduce a su justificación, y que la única diferencia entre ambas nociones es que una oración que está justificada en el presente puede resultar no verdadera en el futuro, porque nuestros parámetros de justificación han cambiado. Es decir, se reduce a admitir que una justificación siempre está sujeta a un contexto y que en ese sentido es o puede ser temporal. Pero como ocurrió en la transición de la física clásica a la teoría cuántica, eso es algo que no sabemos cuándo ni cómo o a qué nivel cambiará nuestros parámetros de justificación. Así, como la teoría cuántica transformó las nociones más profundas y básicas sobre la realidad física, en el futuro podrían aparecer datos o hipótesis nuevas que pusieran en duda dicha teoría (o como ya ponen en duda algunas de sus consideraciones). En suma, que existe la posibilidad de que en el futuro nuestras creencias científicas pueden ser juzgadas

como injustificadas para una audiencia más competente (una comunidad científica más avanzada).

El carácter crítico de las creencias cuánticas respecto de las clásicas, aquello que ya no estamos autorizados a decir (hablar de trayectorias, de estados definidos antes de medir), explica nuestras intuiciones sobre el papel regulativo de la verdad, y no hace falta postular una verdad diferente de la justificación. Basta con entender las reformas de nuestros estándares en relaciones con sus predecesores. Los estándares cuánticos en relación con los clásicos nos permiten una eficiencia descriptiva mejor y no requeriremos otros estándares previamente establecidos.

Así, la revolución cuántica se vuelve menos problemática si pensamos que la verdad no es un concepto que progresa con respecto a la representación de la realidad, sino que es la explicación sociohistórica sobre el consenso en torno a nuestras creencias científicas. Es decir, en la medida en que se admiten las tesis sobre la historicidad o temporalidad de todo lenguaje y de que reducimos la verdad a justificación, resulta plausible admitir que nuestros lenguajes, incluido el de la ciencia, no son una representación de la realidad, sino instrumentos que nos permiten alcanzar nuestros propósitos, los cuales se van transformando con el tiempo.

## La objetividad como intersubjetividad en la teoría cuántica

El siguiente concepto que revisaremos en la interpretación de Copenhague a la luz de la perspectiva pragmatista es el de la objetividad. Esta es una de las cuestiones más explícitas y discutidas, tanto en la interpretación como en la propuesta filosófica de la que vengo hablando. Esto permitirá señalar los puntos de acercamiento entre ambas, pero además aclarar algunas confusiones que son comunes en torno a esta categoría.

Como ya dijimos, Bohr expresa explícitamente sus preocupaciones y consideraciones acerca de la objetividad de las descripciones físicas. Y es que el asunto de la objetividad va a ser una cuestión que va a abordar en diferentes momentos de sus reflexiones desde diversos ángulos y

planteando diversas dificultades tanto de carácter epistemológico como psicológico.

Ahora bien, aquí el punto de partida a este respecto es que, como consecuencia de la discontinuidad física, en la teoría cuántica el instrumento de medida no puede ser ignorado o despreciado porque su interacción y, el consecuente intercambio de energía, no puede ser arbitrariamente reducido. Recordemos que esta es la justificación con la que puede despreciarse en el dominio clásico. Aunque se trataba de una idealización, esta era válida en principio y en ella radicaba la noción de objetividad clásica, porque permitía hablar del comportamiento independiente de los objetos. Sin embargo, en la teoría cuántica, debido a la indivisibilidad del cuanto de acción la interacción es inevitable, pues no puede ser arbitrariamente reducida, por lo que nos encontramos ante la consecuente dependencia del contexto experimental para poder definir las propiedades del sistema, lo cual impide una objetividad en el sentido clásico.

Por el contrario, los sistemas cuánticos se definen como una relación entre el aparato y el objeto físico que determina el comportamiento que observaremos, como ya hemos apuntado reiteradamente. Esta relación, de acuerdo con Bohr, no implica una descripción subjetiva, entendida como una experiencia privada de los sujetos, sino que es una hipótesis objetiva requerida por el formalismo (Bohr, 1964: 86). Por tanto, la noción de objetividad en el dominio cuántico exige hacer referencia al dispositivo experimental. Recordemos, además, que Bohr mismo dice que la base de la objetividad concierne a una comunicación clara de las experiencias atómicas. En definitiva, los ideales de objetividad y descripción de la realidad independiente no se cumplen más ni nos está permitido establecer un puente legítimo e intuitivo entre teoría y experiencia análoga al caso clásico.

Estas consideraciones nos permiten hacer algunas conexiones con la crítica que la tradición pragmatista realiza a la dicotomía clásica objetivo-subjetivo, pero además nos permiten acercar el sentido de objetividad establecido en la descripción complementaria de los objetos con

el sentido del pragmatismo rortiano. En primer lugar, el rechazo de la noción de objetividad entendida como la descripción de una realidad preexistente e independiente del hacer de nuestras interacciones con el mundo, implícita en la interpretación de Copenhague, coincide con la crítica que realiza Dewey a la tradición filosófica, particularmente, a la epistemología moderna. Por el contrario, en la interpretación dual de los fenómenos microscópicos la objetividad está en directa relación con lo que se hace a través de los experimentos y, por tanto, depende de nuestras interacciones con el mundo.

En uno de sus escritos, Heisenberg señala que la matemática cuántica describe nuestro conocimiento de las partículas elementales y no a ellas en sí mismas (1976: 12). No obstante, tanto el alemán como el danés rechazan hablar sobre una posible realidad microscópica más allá de dicho conocimiento. Sólo es posible hacer referencia a la interacción entre una partícula y el aparato de medida:

> La noción de realidad objetiva de las partículas elementales se ha disuelto por consiguiente en forma muy significativa, y no en la niebla de alguna noción nueva de realidad, oscura o todavía no comprendida, sino en la trasparente claridad de una matemática que describe, no el comportamiento de las partículas elementales, pero sí nuestro conocimiento de dicho comportamiento (Heisenberg, 1976: 12).

Por lo tanto, la renuencia por parte del *espíritu* de Copenhague a hablar de una realidad independiente de la descripción cuántica nos evita hablar tanto de la verdad como de la objetividad más allá de la descripción. Esto permite, por un lado, seguir la tesis pragmatista sobre la disolución del dualismo objetivo-subjetivo, como hemos dicho. Adicionalmente, la fundamentación bohriana en la comunicación clara y unívoca hace énfasis en el aspecto social de ésta, lo cual hace plausible dar un paso más para interpretar la objetividad de la teoría como intersubjetividad, al estilo de Rorty, si bien está claro que los físicos no llegaron tan lejos.

Es decir, para los físicos en cuestión no se trataba de encontrar los rasgos intrínsecos del electrón, sino de encontrar una forma de descripción justificada que permitiera, de manera clara y sin contradicciones, predecir cuantitativamente y describir cualitativamente los fenómenos. Pero este gesto, por un lado, no supone que dicha realidad intrínseca ("la cosa en sí" al estilo kantiano) existe, pero nos es inaccesible. Ya dijimos que Copenhague presenta una actitud antimetafísica a este respecto.

Por otro lado, tampoco se trata de una objetividad reducida al acuerdo entre sujetos en oposición a la correspondencia con un objeto. No es un acuerdo que deje al margen al objeto, o que la forma en la que es el mundo juegue un papel irrelevante en la conformación de las creencias científicas. Lo que se pone sobre la mesa, tanto en el caso de la complementariedad como en el caso del pragmatismo, es que la oposición entre objetivo y subjetivo, o la descripción de una realidad física a partir de una 'materia objetiva' al margen de los sujetos, sus posibilidades de investigación y sus acuerdos, es producto de un conjunto de preconcepciones que sería recomendable sustituir.

En el capítulo anterior dijimos que la búsqueda de una objetividad entendida en ese sentido clásico, como aquello del objeto que es independiente de las consideraciones de los sujetos, para Rorty equivale a describir tal objeto sin hacer referencia a seres humanos particulares y dicha noción le resulta vacía. Bohr expresa una actitud equivalente cuando afirma que la teoría cuántica no es una descripción de la naturaleza misma, sino de la naturaleza presentada a nuestros métodos de investigación, pues tales métodos necesariamente hacen referencia a nuestras posibilidades, a nosotros, seres humanos particulares.

Estos puntos de contacto nos llevan a sugerir que podemos dilucidar entonces la interpretación de Copenhague, no como el resultado de una investigación que tiene como meta comprender las estructuras subyacentes de la realidad, donde la verdad está más allá de acuerdos sociales y las justificaciones son naturales y definitivas, sino como la justificación de acuerdos basados en las ventajas concretas en torno a los diferentes puntos de vista con criterios locales e históricos. Por tanto, la objetividad

de la teoría se refiere a una intersubjetividad de la comunidad científica, si bien ésta no ha sido tan amplia como en otros campos de la física.

Los signos de tal objetividad son su eficiencia predictiva y su posibilidad de comunicación inequívoca. Los enunciados antagónicos sobre la individualidad de las partículas y el principio de superposición evitan objeciones a su afirmación simultánea al precio de renunciar a las exigencias habituales de la descripción física, y asumiendo que no es posible una definición unívoca independiente del contexto. Pero aceptar tal precio y tales términos exige establecer nuevos criterios en función del diálogo en la comunidad científica y de los instrumentos disponibles.

Recuperando el planteamiento de Davidson, la relación entre el mundo, el intérprete y el hablante son la fuente de objetividad y comunicación. Esta última requiere que se compartan normas y medidas, y por tanto comienza donde convergen las causas del mundo exterior y nuestros consensos. Reiterando las palabras de Rorty "[…] cualquier cosa de ese dialecto que la objetividad pueda hacer para tornar inteligibles nuestras prácticas, lo puede hacer igualmente bien el dialecto de la intersubjetividad (Rorty, 2000a: 113).

Entender lo objetivo como intersubjetivo nos coloca en una relación directa con los objetos cuánticos, con esas propiedades que a través de la medida se edifican y comparten. Esta idea contrasta con la objetividad independiente en su justificación y existencia que nos separa del objeto. La 'materia objetiva' de la realidad cuántica independiente de la investigación resulta completamente inaccesible e inespecificable a través de nuestro único instrumento actual así de eficiente: la teoría cuántica.

## Racionalidad y método en la mecánica cuántica

En el capítulo anterior esbozamos la importancia que los conceptos de racionalidad y método científico han tenido, tanto para el proyecto de demarcación de la ciencia como para conceptualizar la primera con pretensiones universalistas que garanticen las justificaciones independientemente de las contingencias del contexto. También sintetizamos la crítica que el pragmatismo articula alrededor de la idea de que el espacio

de las razones es finito y naturalmente ordenado, así como a la idea del método científico como una forma trascendental de proceder que *filtra* elementos subjetivos de las descripciones y nos garantiza el estatus de los objetos científicos. Por el contrario, en el pragmatismo, como resultado de concebir a las creencias como hábitos de acción falibles, tanto la racionalidad como el método científico están más bien relacionados con ajustes constantes entre medios y fines concretos que nos permiten alcanzar, en este caso, metas científicas.

Si bien Bohr y Heisenberg no reflexionan directamente sobre la naturaleza de estas categorías, el proceso histórico ocurrido en torno a la teoría y algunas de las consideraciones de estos físicos permiten dar luz sobre la forma en que éstas pueden ser interpretadas en el contexto cuántico. Por tanto, a continuación, mostraré algunos elementos del cambio científico que estamos examinando para mostrar las ventajas de la perspectiva pragmatista en relación a estos conceptos.

En primer término, como hemos visto, las descripciones admitidas en física hasta antes del surgimiento de la teoría cuántica estaban basadas en el principio de continuidad de los fenómenos, que a su vez permitía una descripción causal en el espacio y en el tiempo. Dicha suposición fundamentaba las premisas básicas de los conceptos para toda descripción física, como lo es la trayectoria de un cuerpo, que resulta central en la mecánica clásica. Ahora bien, aunque Bohr no explicita la razón, es probable que por ello el físico danés afirme que la indivisibilidad del cuanto de acción *introduce un elemento de irracionalidad* desde el punto de vista clásico en las descripciones cuánticas. Aunque corremos el riesgo de entrar en el terreno de la especulación, como vimos en el primer capítulo, ante la discontinuidad, algunos experimentos permitían una interpretación mediante el uso de la noción ondulatoria y otros de la noción corpuscular de forma aparentemente caprichosa e inconsistente, y es posible que ésta sea la motivación del físico danés para realizar dicha afirmación.

Ante tal escenario, durante el invierno de 1926, Bohr y Heisenberg se dieron a la tarea de restituir la posibilidad de una descripción consis-

tente que significó la renuncia a una descripción causal y espacio-temporal de manera simultánea, además de la determinación por el dispositivo experimental en la identidad ondulatoria o corpuscular del objeto. En suma, como ya vimos, lo que estaba justificado en la física clásica, debido a la continuidad de los procesos, a saber, la descripción simultánea de los aspectos dinámicos y cinemáticos de los objetos, a partir de la introducción del cuanto de acción en las descripciones físicas queda definitivamente injustificado. Por tanto, las descripciones cuánticas se vuelven ininteligibles si se insiste en usar los mismos conceptos de la forma clásica.

Una vez que Bohr se da cuenta de ello, su fin es encontrar una explicación consistente, y el formalismo, junto con las categorías clásicas, son su medio para alcanzarla. No obstante, para aceptar su solución complementaria resulta indispensable justificar la relación excluyente, pero necesaria, entre descripción causal y espacio-temporal como consecuencia de la inherente discontinuidad: sin dicha concesión la interpretación no es una solución adecuada para la descripción atómica.

De hecho, si retrocedemos un poco más en el nacimiento de la explicación cuántica, podemos ver que el conjunto de hipótesis que conformaban la vieja teoría cuántica, anterior a los formalismos de Heisenberg y Schrödinger, contradecía las explicaciones justificadas en la física cuántica (el caso del cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico, etcétera), y durante todo el primer cuarto de siglo se sostuvieron sin una base teórica que les diera fundamento y en clara contradicción con las teorías entonces admitidas (el electromagnetismo y la mecánica clásica).

En particular, recordemos el modelo atómico de Bohr. Dicho modelo afirma que el electrón oscila alrededor del núcleo según la mecánica clásica en órbitas estables. Sin embargo, de acuerdo con el electromagnetismo de Maxwell, debe haber un mecanismo de radiación asociado a la aceleración de partículas cargadas. Una partícula dando vueltas en una circunferencia tiene una aceleración centrípeta que, de acuerdo con él, debía generar una radiación en ésta a costa de la energía mecánica del electrón. Por tanto, la trayectoria del electrón describiría una espiral

que termina por colapsar el núcleo (como consecuencia la frecuencia alrededor del átomo debería variar de manera continua). Para explicar que esto no sucede, que el átomo es estable y tiene una frecuencia perfectamente definida en su órbita, Bohr *suspende* la explicación maxwelliana e introduce sus postulados cuánticos en los que el átomo oscila en órbitas estacionarias en las que no radia. Y, de acuerdo con este modelo, el átomo sólo emite o absorbe radiación cada vez que el electrón pasa de una órbita a otra.

En pocas palabras, se usaban ideas cuyo cimiento estaba suspendido en el contexto general de la explicación física. Este proceso muestra que la base teórica de las experiencias en cuestión se fue debilitando gradualmente durante esos años. En este contexto, el principio de correspondencia es el instrumento que muestra la mezcla de explicaciones durante esta etapa. Como hemos visto, se trataba de una analogía formal de valor heurístico que permitía usar la teoría clásica, convenientemente modificada, para completar las descripciones cuánticas (Bohr, 1988: 83).

El espacio de justificación de la física clásica se fue modificando al introducir cada vez más, y en diferentes explicaciones, las modificaciones cuánticas. Pero éstas tampoco estaban apoyadas en un espacio lógico consistente; eran hipótesis introducidas sin autonomía teórica, ni justificación propia más allá de su funcionalidad para predecir casos concretos.

Este dinamismo teórico involucra las nociones más elementales de la explicación, modificando planteamientos largamente asentados, como la idea que todo objeto está en un estado único y definido o la idea de que todo objeto que se mueve tiene trayectoria, concepto central en la mecánica clásica y el sentido común, como hemos dicho. Si nociones aparentemente indiscutibles y enraizadas pueden modificarse en la realidad física, como ha ocurrido en la mecánica cuántica, se vuelve difícil pensar en una base de explicación o una justificación dada de antemano que se resista a la posibilidad de modificación en una descripción futura.

No obstante, a pesar de lo poco intuitivas que resultaron las ideas cuánticas, podemos afirmar que no eran irracionales en la medida en que eran pensadas, evaluadas y actuadas de acuerdo con ciertos princi-

pios de eficacia y consistencia; que se hacían determinadas inferencias de los fenómenos ocurridos con ayuda de hipótesis auxiliares para resolver problemas concretos. Sin embargo, la validez de estas nuevas inferencias y la consistencia de las explicaciones estaban enmarcadas en un nuevo contexto que resultaba inconsistente con los principios clásicos de realidad y conocimiento.

Como resultado, los procedimientos racionales de lo que cuenta como explicación se ven modificados respecto del modelo anterior, pero con el tiempo son aquellos que la comunidad sigue de forma no controvertida o habitual, al menos hasta cierto punto. Esta interpretación poco a poco fue venciendo muchas de sus objeciones y en buena parte se tomó como la interpretación canónica de la teoría.

Ahora bien, tanto el proceso de cambio científico como la controversia vigente que se mantiene alrededor de la teoría dan cuenta de manera más puntual de algunos elementos que Rorty describe cuando reflexiona sobre la racionalidad. El escenario posterior a 1927 parece bien descrito a través de la categoría del etnocentrismo: una vez elaborada la interpretación de Copenhague, no parece haber respuestas últimas y definitivas para admitirla, más bien parece que sólo contamos con determinadas ventajas o desventajas de las alternativas concretas sobre las cuales se puede establecer un diálogo o una discusión. Ya hemos señalado las ventajas de la vía de Copenhague: conserva el vocabulario clásico, aunque restringido, y es consistente, con la condición de aceptar que los fenómenos se comportan de forma probabilista y de perder otras nociones intuitivas de la realidad física.

En contraposición, los opositores a Copenhague insistían en conservar algunas nociones intuitivas de la realidad que les resultaban indispensables: como una teoría determinista o, en general, de una realidad independiente de la observación. Pero el diálogo que suscitó dicha controversia,[71] si bien en un primer momento favoreció a Bohr y la teoría

[71] Como mencionamos en el primer capítulo, particularmente, en 1927 y 1930 se realizaron dos congresos en Solvay donde los físicos en cuestión (particularmente Bohr y

eventualmente se estableció como ortodoxa o canónica, no se ha dirimido en absoluto. De hecho, a partir de la década de 1960, proliferaron nuevas interpretaciones y desde la época del surgimiento de la teoría se comenzó a desarrollar la vía de las variables ocultas.

Aunque de acuerdo con Jammer, en teoría cuántica, la primera teoría de variables ocultas se remonta al año de 1926 (atribuida a Frenkel), sólo hay vagas referencias a ella realizadas por Born (Jammer, 1974: 263-5). Canónicamente, su origen se atribuye a la objeción einsteniana de que la función de Schrödinger sólo proporciona la probabilidad de distintos resultados experimentales, pero no da razón de por qué observamos un resultado específico. Su convicción era que alguna propiedad de la partícula selecciona (o causa) el resultado de la medición, y dicha propiedad que haría que la teoría resultara determinista se denomina variable oculta[72] (Ball, 2018: 133). Como consecuencia, las partículas tienen estados reales y definidos desde el principio, aunque no sepamos de ellos hasta que los medimos. La teoría cuántica es incompleta por no poder dar cuenta simultáneamente de variables, por ejemplo, como la posición y la velocidad, pero que resulta natural e intuitivo que éstas existen y que, por tanto, podía ser en principio completada. No obstante,

---

Einstein) discutieron el asunto. En estas dos discusiones Bohr salió airoso de las objeciones planteadas por Einstein, lo cual no significa en absoluto que haya convencido a este último de su interpretación.

72 Las tesis y propósitos de las variables ocultas coinciden con los objetivos generales de Einstein respecto de la teoría cuántica y, de hecho, toman impulso a partir de la publicación del artículo de EPR (donde Einstein, Poldosky y Rosen ponen en duda la completud de la teoría cuántica a través de un dispositivo experimental imaginado, y a partir del cual se pondría de manifiesto el carácter no local de la teoría). Sin embargo, Jammer objeta que Einstein no es un proponente de las variables ocultas (a diferencia de J.S. Bell, por ejemplo), de acuerdo con él, la paradoja de EPR se presenta más como un argumento a favor de sustituirla por una teoría alternativa radicalmente diferente (teoría de campos unificada), que restauran la causalidad, pero también la localidad de la teoría (i.e. la imposibilidad de interacción instantánea a distancia).

tras la famosa prueba de imposibilidad de variables ocultas que elaboró Von Neumann en 1932,[73] el tema parecía cerrado hasta que David Bohm en 1952 lo revitalizara.[74]

Como hemos visto, en esencia, una teoría de este tipo "racionaliza" el comportamiento del sistema cuántico suponiendo que hay parámetros experimentalmente inaccesibles. Hemos dicho también que esto va en contra del criterio de observabilidad que adoptan Bohr y Heisenberg. No obstante, hasta ahora no parece haber un argumento definitivo que descalifique la posibilidad de las variables ocultas (aunque sí varias objeciones).[75] Así, cada una de estas dos vías de interpretación ha tejido una red coherente para hacer inteligibles y dar sentido a los fenómenos cuánticos, sin embargo, ambas dependen de supuestos de realidad mutuamente excluyentes. Voy a detenerme brevemente en mostrar dichos supuestos y su naturaleza, expuestos en el famoso artículo que publica-

[73] Que finalmente resultará sin suficiente generalidad para restringir todas las variedades de teorías de variables ocultas.

[74] Bohm propuso que las entidades cuánticas podían ser descritas mediante la onda y la partícula, ambas literalmente presentes. La partícula es dirigida por la onda en su movimiento (onda piloto). El movimiento de la partícula está determinado, pero puede sufrir variaciones aleatorias por las propiedades de la onda. Cualquier incertidumbre en las propiedades de la partícula es clásica, pero no conocemos los detalles. La onda piloto o potencial cuántico tiene algunas características peculiares que pueden verse en Ball (2018: 88-89).

[75] Si bien es cierto que las desigualdades que Bell elaboró en 1964, cuantificando matemáticamente las implicaciones de EPR para poder permitir su demostración experimental, han resultado a favor de la interpretación ortodoxa en diferentes experimentos realizados a partir de la década de 1980, los argumentos en ellos expuestos no parecen definitivos: algunos autores han planteado diversas objeciones a estos y los grupos que desarrollan las teorías de variables ocultas en diferentes versiones siguen activos. Por otro lado, la vía de las variables ocultas tampoco parece mostrar ventajas prácticas o empíricas respecto de las predicciones de la teoría cuántica. También Simon Kochen y Ernst Specker presentan objeciones a las variables ocultas como veremos más adelante.

ron de manera colectiva Einstein, Poldosky y Rosen en 1935, si bien no quiero adentrarme en el dispositivo experimental propuesto, porque ello implicaría abordar el asunto de los conocidos 'estados entrelazados' y la no localidad de la mecánica cuántica que salen, como dije al principio, del dominio que pretendo cubrir en este trabajo.

De acuerdo con el famoso artículo, existe un 'elemento de realidad' correspondiente a una cierta cantidad física si podemos predecir con certeza (i.e. probabilidad igual a la unidad) el valor numérico correspondiente a dicha cantidad sin perturbar el sistema en cuestión. A su vez, una teoría es completa si todo 'elemento de realidad' tiene una contraparte en la teoría. Ahora bien, como resultado del dispositivo propuesto por los tres físicos, podemos considerar, por ejemplo, la posición y el momento de un par de partículas como elementos de realidad, ya que puedo medir una u otra variable de ambas partículas. Sin embargo, la mecánica cuántica no es capaz de predecir ambos elementos con certeza, de forma simultánea, como ya hemos visto. Por lo tanto, concluye que la mecánica cuántica es una teoría incompleta[76]

Unos meses después Bohr responde con un artículo en el que da respuesta a la misma pregunta planteada por EPR: ¿puede considerarse la mecánica cuántica una descripción completa de la realidad? Como ya hemos visto, la respuesta de Bohr es afirmativa, pero tiene como punto de partida un criterio de realidad diferente del que considera EPR, positivista o exclusivamente determinado por la medida, como también ya sabemos. Dicha diferencia de criterios da cuenta de este elemento de inconmensurabilidad y suspensión de criterios generales que describe Rorty, mientras no exista una vía empírica, definitiva y contundente, para refutar uno de los criterios. Por tanto, hay cierta circularidad en la discusión de 1935 (como Rorty dice en diversas ocasiones respecto de

---

[76] Para ver el planteamiento del experimento completo: Einstein, A.; Podolsky, B.; Rosen, N. (1935). Sin embargo, hay múltiples reelaboraciones más claras del argumento central, la de Jammer (1974) es muy útil.

este tipo de escenarios).[77] Por lo tanto, el dilema entre la adscripción a la interpretación de Copenhague o a la teoría de variables ocultas, entre su carácter completo o incompleto, muestra que no parece existir una audiencia ideal ante la cual pueda justificarse definitivamente una u otra posición. Ésta es una tesis central del etnocentrismo.

Sin embargo, este escenario ha cambiado desde 1935. Por un lado, el teorema de Bell en 1964 consiguió que la diferencia teórica entre Einstein y Bohr se tradujera en una diferencia práctica (algo que James hubiera elogiado mucho), elaborando unas desigualdades cuyo cumplimiento o inobservancia experimental podrían determinar la viabilidad de las variables ocultas. Aunque los experimentos insisten en que no los son, se mantienen vivas ciertas objeciones a su interpretación, por lo que, como hemos dicho, sobrevive su posibilidad.

Por otro lado, en el contexto contemporáneo ha surgido una objeción más severa para la posibilidad de las variables ocultas. Los matemáticos Simon Kochen y Ernst Specker encontraron que, como consecuencia de que las respectivas operaciones matemáticas con una función de onda cuántica (que obtiene los valores de las propiedades observables) no son conmutativas, las mediciones sucesivas de los objetos cuánticos dependen del orden en que se realizan. En este sentido, Kochen y Specker señalaron que las mediciones cuánticas pueden depender del contexto experimental particular (Ball, 2018: 154-156). Por lo que, si alteramos dicho contexto, también cambiamos la configuración de las varia-

77 Tanto Max Jammer (1974) como Jan Faye (1991) reconstruyen la argumentación elaborada en EPR y en la respuesta de Bohr, señalando como la diferencia fundamental el criterio de realidad asumido en ambos casos. Pero dicho criterio es una premisa en su argumentación, por eso, puesto en esos términos (y sin una distinción experimental en los planteamientos) el debate parece sin solución. Creo que un análisis usando la dicotomía propuesta por Rorty entre redescripción y argumentación puede ser de utilidad para comprender el debate de EPR. Pero resulta de mayor utilidad aún incorporar las críticas que a propósito de dicha dicotomía Richard Bernstein realiza a Rorty. En un artículo de próxima publicación presentaré dicho análisis.

bles ocultas: el sistema sólo tiene propiedades dentro de ese contexto experimental. Pero ésta es, justamente, la afirmación que niega la perspectiva de las variables ocultas.[78]

Aunque en un sentido físico se trata de una explicación diferente a la de Bohr, el espíritu filosófico, específicamente epistemológico, parece apuntar en la misma dirección de Copenhague, de forma aún más radical: una ontología dada por la medida.

En definitiva, este escenario constituye un ejemplo en el que no existe un consenso sobre lo que cuenta como justificación, ya que son los propios criterios los que se encuentran en disputa. Vimos que en estos periodos que Rorty llama revolucionarios o anormales no existen criterios para llegar a una visión común, en este caso, es su carácter exhaustivo lo que está en juego. En este sentido, las visiones son hasta cierto punto inconmensurables y la argumentación resulta un tanto vacía, al estar parcialmente suspendida. El hecho de que la controversia permanezca de una u otra forma abierta, parece confirmar la tesis rortiana. Ello hace plausible que la adopción de uno u otro punto de vista dependa más de la redescripción y la conversión con una imagen de la realidad, que de la argumentación sobre premisas comúnmente admitidas en torno a ésta. No obstante, en este punto particular matizaríamos dicha afirmación, puesto que dicho episodio también muestra que en el momento de anormalidad los nuevos estándares no surgen sólo de la conversión a las nuevas ideas, sino también de una mezcla de argumentos en los que entran en juego nuevas ideas y valoraciones en función de algunas ventajas y desventajas en cada caso.[79]

---

[78] Para ver la relación entre esta contextualidad experimental y la no localidad ver (Ball, 2018: 156-157).

[79] A este respecto, nos parece acertada la observación de Richard J. Bernstein cuando afirma que Rorty radicaliza en exceso la dicotomía entre argumentación y redescripción (Bernstein 2016: 49). En este ejemplo tal observación parece evidente, pues, aunque es necesaria una redescripción de los objetos atómicos, bajo nuevas reglas, no todas las reglas son nuevas y en la nueva descripción se sigue argumentando. De hecho, cuando

Lo anterior daría cuenta de que, si bien los momentos de anormalidad no cuentan con un consenso generalizado sobre lo que hay que aceptar, por ejemplo, cuando inducimos o movemos a alguien a aceptar nuevas ideas a partir de razones que son controvertidas o tienen una aceptación limitada o dudosa en algún sentido (que sólo existe lo medible, por ejemplo), el acto de conversión no es irracional ni tampoco arbitrario.[80] Sólo se niega una base común para llevar a cabo dicha discusión.

Por tanto, este hecho no significa que se viva un momento de irracionalidad en el cambio científico (como a veces parece insinuar el mismo Kuhn en *La estructura de las revoluciones científicas*). Como vimos en el capítulo pasado, el espacio anormal o hermenéutico consiste justamente en dejar de pensar que hay términos comunes en todos los sentidos de la explicación, es decir, en este momento la racionalidad incluye estar dispuesto a adquirir un nuevo vocabulario, porque el anterior ya no es de utilidad. En este contexto, lo que hace racionales a los científicos, tanto en el grupo de Copenhague como en la oposición, es que buscan ajustar los mejores medios para alcanzar una descripción de los fenómenos atómicos con menos dificultades.

Si lo que he afirmado en los párrafos anteriores resulta convincente, el ejemplo cuántico muestra que, tal y como Rorty afirma, en todos los vocabularios hay momentos de normalidad y anormalidad, y que la racionalidad sólo puede ser atribuida a partir de un criterio que se ha edificado en algún momento y que posteriormente se ha sistematizado, como el caso de la descripción clásica.

---

el mismo Rorty ha intentado introducir sus perspectivas recurriendo a la redescripción no puede evitar argumentar. Aun así, no parece haber un terreno común de razón al que apelan sus interlocutores (Habermas, Putnam) que evite la socialización de la razón.

[80] Esta mala interpretación puede deberse justo a su visión excesivamente dicotómica entre argumentación y redescripción. Respecto de esta discusión puede verse Swayne (2005).

Este cambio científico también hace difícil pensar que existen principios trascendentales que presuponen una identidad entre lógica (lenguaje e investigación) y realidad, como ya sospechaba el pragmatismo. Como se ha visto en este ejemplo, parece poco plausible concebir una estructura general que no considere los detalles del conocimiento en cuestión. La idea de que lo racional depende de estos procesos en una determinada comunidad, que son normas para adaptar medios y fines en un contexto particular. De la misma forma que determinadas suposiciones justificadas en la base de la descripción clásica se vieron modificadas, resulta difícil sostener que nuestras justificaciones actuales no lo sean en el futuro. Dicho brevemente, mirar el cambio científico en su perspectiva histórica hace difícil pensar en una justificación que no depende del contexto.

Asimismo, los cambios en la explicación científica que aquí se han descrito pueden ser interpretados desde la perspectiva pragmatista para afirmar que las formas de inferencia están dadas por hábitos mentales que se establecen en la investigación, como pensaba Peirce. Por ejemplo, el hábito de la continuidad de los procesos físicos estaba establecido en la investigación clásica de forma no controvertida y de ella se desprendían un conjunto de inferencias admitidas, tanto que se requirió un tiempo prologando y mucha evidencia para admitir la discontinuidad como algo inevitable.

Por ello, resulta plausible decir que la razón como justificación se limita a la persuasión o consenso alcanzado en torno a determinados tópicos para resolver determinados problemas sobre la base de supuestos particulares previamente aceptados. Pero como hemos visto, este proceso de aceptación no está dado de antemano. En este caso, pudimos ver que la problemática atómica llegó a un punto donde los lugares de partida comunes y naturales del pensamiento tuvieron que ser re-evaluados y modificados.

Ello sustenta, como dice Rorty, la idea de una racionalidad, entendida como un habilidad dinámica y flexible de adaptación, en la cual la estabilidad proporciona parte de su eficiencia. En definitiva, siguien-

do la tesis que socializa y naturaliza la razón, la idea de justificación universal no tiene sentido en la concepción de animales más o menos complejos que desarrollan estrategias sofisticadas para sobrevivir, tan sofisticadas como puede ser el formalismo cuántico y sus predicciones. Pero su sofisticación y eficiencia no las hace estrategias definitivas. Sólo hay instrumentos para solucionar problemas, pero en tanto estos no son previos al surgimiento de los mismos y no sabemos de antemano qué forma tomarán, sólo tenemos posibilidades disponibles que han servido en otros casos. Hasta ahora la cuántica ha cumplido exitosamente con dichas posibilidades.

Así, he intentado usar este ejemplo para argumentar que las pretensiones de validez no pueden superar los criterios locales de decisión y que toda norma es falible, pues lo que hemos justificado hasta ahora con éxito en el futuro podría estar injustificado, tal y como sucede en la historia de la ciencia y el conocimiento en general.

Otro de los aspectos relacionado con la racionalidad que ha suscitado controversia en el desarrollo de la teoría cuántica concierne a las formas lógicas, puesto que, en cierto sentido, la estructura de la misma parece desafiar algunos de sus principios clásicos, como veremos a continuación. Al mismo tiempo, vimos en el segundo capítulo que el pragmatismo teoriza sobre tales estructuras atribuyéndole un carácter empírico y modificable, en contraposición a una visión *a priori* y válida en sí misma. Aunque Rorty nunca mostró particular interés por la lógica, Dewey sí lo hizo en su texto *Logic: A Theory of Inquiry* (1986), en el que unifica el proceso de investigación y el establecimiento de las leyes lógicas a través de un proceso orgánico, biológico y cultural. A continuación, mostraré la adecuación de esta concepción para explicar la transformación lógica de la teoría cuántica y, recíprocamente, argumentaré que la misma muestra la plausibilidad de la concepción pragmatista.

Hasta la teoría clásica, los objetos de la física satisfacían las leyes de la lógica clásica. Sin embargo, a partir de la interpretación probabilista de la función de onda, y del planteamiento dual sobre la materia y la energía, la situación lógica respecto de la física clásica se ve trastocada,

al menos a primera vista. Veamos cómo y qué solución le da la interpretación de Copenhague.

En primer lugar, el principio de no contradicción establece que una proposición y su negación no pueden ser ambas verdaderas $\neg(A \wedge \neg A)$. En su versión ontológica, dicho principio establece que nada puede ser y no ser al mismo tiempo y en el mismo sentido, o en su versión doxástica, que nadie puede creer una proposición y su negación. El principio del tercero excluido o excluso establece que, si una proposición afirma algo y otra lo contradice, entonces sólo una de las dos debe ser verdadera y una tercera opción no es posible. Es decir, toda proposición o bien es verdadera o bien es falsa $(A \vee \neg A)$. Finalmente, el principio de identidad establece que toda entidad es idéntica a sí misma $A \Leftrightarrow A$.

Por un lado, de acuerdo con Bohr un objeto atómico puede ser onda o partícula. Por tanto, en general el mismo objeto es y no es onda, o es y no es partícula, ya que ambos conceptos presentan propiedades excluyentes. En principio, parecería que el principio de no contradicción no se satisface. De tal forma que dicho principio requiere consideraciones adicionales para no ser violado. Estas consideraciones, recurriendo a las restricciones que establece Bohr, se refieren a definir el objeto en relación con el dispositivo experimental. Es decir, toda proposición en referencia a los objetos cuánticos sólo tiene validez en relación con el aparato de medida, y de esta forma se evita caer en contradicciones: el electrón es una onda o una partícula, pero no al mismo tiempo ni en el mismo sentido, como exige el principio aristotélico, dicha restricción está determinada por el contexto experimental.

Por otro lado, la interpretación probabilista de la función de onda atribuye varios estados simultáneamente al electrón mientras no se realice la medida. De tal forma que antes del colapso de la función no se cumple el principio del tercero no excluso, ya que tenemos un conjunto de proposiciones que sean definidamente falsas o verdaderas. La dificultad se evita mediante la restricción que Heisenberg y Bohr establecen a las afirmaciones no empíricas. Es decir, ya dijimos que la interpretación de Copenhague exclusivamente da cuenta de lo observable,

y en tanto la superposición ocurre antes de la observación, no podemos hacer afirmaciones del objeto en dicho momento, evitando conflictos con los principios lógicos. Tenemos que restringir la ontología al acto de medida para evitar la idea de que el objeto está en varios estados a la vez.

Asimismo, el principio de identidad exigirá nuevas condiciones. De la misma forma que ocurre con el principio de no contradicción, el principio de identidad sólo se preserva si nos restringimos al contexto experimental. Si hablamos del objeto en general al margen de dicho dispositivo el electrón no es idéntico a sí mismo, porque puede ser onda o partícula, y una onda claramente no es idéntica a una partícula.

En suma, vemos que los tres principios solo pueden ser conservados con la consideración de que las afirmaciones a propósito del electrón deben ser restringidas a su contexto experimental, y es dentro de esa relación donde se define la identidad del objeto y se evitan contradicciones.[81] Bohr y Heisenberg están plenamente conscientes de estas implicaciones, de hecho, las hacen explícitas en sus escritos y es por ello que el físico danés establece claramente en su elaboración del principio de complementariedad que éste representa, no sólo un nuevo marco conceptual, sino lógico también, como ya habíamos enfatizado.

Ahora bien, estas consideraciones elaboradas por los físicos de la teoría muestran su acuerdo con algunas tesis que el pragmatismo ha expresado respecto de la lógica. En el segundo capítulo vimos que, de acuerdo con Dewey, los principios lógicos son resultado de métodos institucionalizados en las formas de proceder de la investigación. Estas nuevas consideraciones respecto de los principios lógicos son justamente el resultado de las nuevas prácticas en la física. Los nuevos métodos se refieren a que en el contexto cuántico las propiedades emergen del acto de medida, y en ese sentido la aplicación de los principios lógicos está sometida a él. El principio de complementariedad instituyó nuevas

[81] De lo contrario es necesario recurrir a otras lógicas no clásicas (paraconsistentes), como ya algunos desarrollos muestran.

formas de proceder en la investigación que obligaron a tener nuevas reglas respecto de los principios lógicos. Así, tales principios pueden concebirse como estructuras formales, reglas de inferencia que se abstraen en investigaciones concretas y luego funcionan como premisas en casos posteriores.

Esta reconceptualización lógica se muestra de acuerdo con Dewey en que no existe ningún principio ni método que no haya sido producido en y por su proceso autocorrectivo. Estas nuevas formas de pensar el objeto se convierten en hábitos del pensamiento, y cuando estos se abstraen y formulan, se aceptan como reglas o principios. Así, la complementariedad da origen a nuevas formulaciones que se expresan en los principios lógicos y éstas serán las que se usen en las investigaciones posteriores. Este ejemplo, muestra en consonancia con el pragmatismo, que dichos principios lógicos no son premisas de inferencia, sino condiciones a ser satisfechas, reglas que proponen maneras de tratar con los objetos mientras que son derivadas del examen de métodos previamente usados (Dewey, 1986: 21). Por tanto, en este proceso circular los principios lógicos no tienen supuestos epistemológicos o metafísicos *a priori* y definitivos. Se exhibe su carácter empírico liberándolos de lo inobservable, lo trascendental o intuitivo, como Dewey pretendía.

Voy a terminar esta sección señalando algunos rasgos sobre las particularidades metodológicas que podemos localizar en la narración sobre el surgimiento de la teoría cuántica. Si bien la cuestión metodológica, en su sentido más técnico, no es un asunto particularmente controvertido en la teoría, el problema de la medida y su carácter inherentemente estadístico, sí obligan a una reflexión metodológica de la física en el sentido más fundamental.

De tal forma que, algunas consideraciones al respecto nos permiten interpretarlo desde la perspectiva pragmatista, y depurarlo de su carga filosófica y metafísica más robusta. A su vez, con ello respaldaríamos la tesis pragmatista de que la idea de método como un procedimiento epistemológicamente especial o privilegiado que coloca a la ciencia como la mejor representación de la realidad se convierte en algo *oscuro*

o trivial. Por el contrario, defenderemos un concepto de éste como un procedimiento que simplemente se refiere a ordenar, sistematizar y analizar información de formas diversas, pero que no es el procedimiento de origen cartesiano que *filtra* los elementos subjetivos y no cognitivos de nuestras representaciones.

En primer lugar, se ha visto ya que un sistema en teoría cuántica se representa como una función de onda que determina los estados futuros del sistema, es decir, que contiene las probabilidades de sus estados posibles, lo cual implica que no podemos hablar de propiedades bien definidas del objeto a partir del vector-estado. Una vez que la función de onda contiene, por ejemplo, la información de la posición y el momento, sólo hasta efectuar la medición podemos localizar el objeto, pero dicha operación destruye la posibilidad de encontrar su velocidad. Esta característica representa una diferencia metodológica básica respecto de la teoría clásica, pues adicionalmente, el colapso de la función, es decir, el acto de medir, cambia las diferentes posibilidades de estado a uno solo definido. Antes de la mecánica cuántica, el acto de medida no tenía ningún papel en la atribución de propiedades de un objeto físico, es decir, el procedimiento metodológico no jugaba ningún papel en la determinación ontológica del objeto.

Sin embargo, en el caso cuántico la observación en un sentido físico introduce un cambio discontinuo que selecciona los acontecimientos posibles, y su representación matemática también sufrirá dicho cambio. Así, la reducción del paquete de ondas significa una consideración metodológica de la medida sobre el objeto que no existía en el caso clásico y que resulta problemática.

Esto orilló a los físicos a una reflexión sobre la separación entre objeto e instrumento; recordemos que los objetos son cuánticos, pero los instrumentos de medida nos dan parámetros clásicos. Por tanto, según Bohr, se vuelve necesario establecer una frontera entre ambos, que no era requerida en el caso clásico, pues despreciábamos la relación entre objeto y aparato gracias al supuesto de continuidad de la realidad física. Esta transición de la frontera de lo cuántico a lo clásico, según él, da

cuenta de dicho colapso. En definitiva, para Bohr el colapso de la función de onda es un ejemplo de la distinción entre el mundo cuántico y el clásico, en el que hacemos las mediciones. Por lo tanto, el colapso de la función es el nombre que damos a ese proceso en el que convertimos estados cuánticos en lo que observamos (Ball, 2018: 82).

Esta solución no ha sido completamente satisfactoria para muchos físicos y filósofos de la ciencia. Baste recordar el famoso ejemplo del gato de Schrödinger que intenta demostrar lo paradójico que resulta intentar dividir el mundo en partes clásicas y en partes cuánticas: un gato vivo y muerto. De tal forma que, a lo largo de los siguientes años a la interpretación de Copenhague se han elaborado diversas soluciones al problema de la medida, desde su formalización hasta la existencia de muchos mundos.[82]

[82] No voy a tratar aquí con profundidad el problema de la medida, es decir, la idea de que el colapso de la función de onda es problemático porque no está justificado por la propia teoría. Ello porque Bohr le da una salida relativamente sencilla que menciono de forma general, si bien insatisfactoria para muchos físicos, y porque la discusión más profunda al respecto se da con posterioridad al principio de complementariedad, incluso al interior del grupo de Copenhague. Solo quiero apuntar que esto representa una novedad metodológica en la física. En la actualidad, es común que el problema de la frontera entre lo cuántico y lo clásico, se resuelva a través de la *coherencia y decoherencia*, respectivamente. El proceso de decoherencia implica que un estado coherente de un sistema cuántico concreto evoluciona hacia otro estado que combina al sistema y al entorno (resto del universo). El estado del sistema cuántico puede llegar a parecer un estado mezcla (donde se ha perdido cualquier rastro de la coherencia inicial). Dicho proceso explicaría por qué en el nivel macroscópico no se presentan efectos cuánticos. De esta forma, la naturaleza ondulatoria de los objetos cuánticos (aunque sea un tipo peculiar de onda) explica que se produzcan a nivel microscópico fenómenos como la interferencia, la superposición y el entrelazamiento. Estos comportamientos se vuelven posibles cuando las ondas están en fase, cuando hay coherencia, y su pérdida (decoherencia) destruye las propiedades cuánticas y el sistema se comporta clásicamente. Para ver más detalles de esta perspectiva y sus consecuencias (Ball, 2018: 159-199).

Adicionalmente, las mediciones en la física clásica estaban caracterizadas por la posibilidad de repetición de experimentos y una precisión sólo limitada por cuestiones técnicas. Sin embargo, en este caso, dicha repetición se vuelve imposible porque el sistema no se comporta causalmente y sólo podemos saber las probabilidades de ocurrencia. Nos encontramos así, ante un límite tanto instrumental, como teórico (expresado en las relaciones de indeterminación), para la predicción de determinadas variables.

Así, podemos ver que la discretización fundamental de la teoría implica un conjunto de novedades y controversias metodológicas que suponen cambios en los niveles más básicos que se contemplan en los procedimientos de la ciencia, como es la distinción clásica entre objeto e instrumento. Es decir, que los principios metodológicos (realistas) que guiaban la investigación clásica no funcionaban más en el caso cuántico: los procedimientos que se desprenden de concebir una realidad ajena a la observación y un comportamiento causal de los objetos no operan más como supuestos para establecer formas de describirlos.

Estos cambios resultan a un nivel metodológico fundamentales, pues implican, como hemos visto, la propia redefinición de lo que significa fenómeno y observación. Como consecuencia, dificultan pensar que la ciencia posee un conjunto de procedimientos generales, claros y precisos, que no resulten un tanto triviales. Es decir, está claro que la ciencia busca predecir, explicar y controlar, pero cuando entramos en un caso particular, como la mecánica cuántica, dichas consideraciones exigen especificaciones que responden y son producto de un contexto teórico y práctico concreto. Así, de acuerdo con Rorty, establecer formas de inferencia en cualquier campo de conocimiento resulta crucial para la actividad en cuestión, pero aquellos procedimientos científicos particulares obedecen a tipos de inferencia de acuerdo con las contingencias y particularidades de cada dominio.

El conjunto de nuevos procedimientos admitidos, debido a la función de onda, su colapso y al principio de indeterminación son producto de interacciones que producen hábitos específicos para conducirse

ante los objetos atómicos. Al mismo tiempo, las acciones desplegadas por dichos hábitos modifican el entorno inmediato, de tal forma que se producen nuevas creencias, o sea, nuevos hábitos de acción. Esto explicaría la discontinuidad metodológica entre física clásica y física cuántica, al tiempo que muestra la futilidad de hablar sobre 'un método científico'. Toda investigación sigue pautas de evaluación en torno a las ventajas relativas de las diversas alternativas concretas que se tienen, pero este criterio general no nos dice demasiado sobre las particularidades de cada metodología en cada campo o etapa de la ciencia y de otras disciplinas.

De hecho, recordemos que, en un primer momento, Heisenberg, como estrategia metodológica para construir la mecánica matricial, deja a un lado los conceptos clásicos que no aparecen en los experimentos cuánticos, como los orbitales y trayectorias atómicas. Pero más tarde, cuando está dilucidando sobre la descripción cualitativa de los fenómenos, invierte la estrategia y da prioridad lógica a la teoría para clarificar lo que podemos observar dentro del formalismo y deducir las relaciones de indeterminación. Feyerabend usa este ejemplo (además de muchísimos otros), para ilustrar cómo los principios metodológicos siempre se violan en algún punto, en este caso, en la misma teoría y por la misma persona.

Retomando estos resultados podemos decir, de la misma forma que lo hemos hecho con la racionalidad, que la disputa respecto al método se refiere más a un acuerdo sobre el fin y los medios para alcanzarlo que a una forma preestablecida y filosóficamente especial del proceder en todo contexto. Como consecuencia, concebir el método como un conjunto de reglas que establecen pautas para movernos en un determinado ámbito, en este caso, el de la física atómica, y que dichas reglas posean sus características propias, nos lleva a rechazar la idea de que sólo existe un conjunto de criterios que demarca epistemológicamente aquello que llamamos ciencia.

Una vez que carecemos de tal conjunto se vuelve más difícil concebir un camino fiable para alcanzar la verdad sobre la *naturaleza de las cosas* y

que ese camino se encuentra plasmado en los métodos de la ciencia, es decir, rechazamos lo que Rorty denomina cientificismo (Rorty, 1996b: 96). Con ello, también rechazaríamos, la lectura cultural que la tradición moderna le dio a la idea de método científico, con un estatus epistémico privilegiado y como *signo* de realidad.

En definitiva, si en la mecánica cuántica, la teoría más exitosa hasta ahora en términos de predicción, encontramos claras rupturas metodológicas con la física clásica y no podemos elucidar con precisión y claridad una idea de método que dé cuenta de toda actividad científica sin caer en un conjunto de procedimientos insubstanciales, no parece claro dónde podríamos encontrarlo.

Por tanto, los cambios metodológicos en ciencia cuántica dificultan la defensa de un método universal y definitivo para juzgar la validez de un discurso. Pues, una vez más, si todo léxico obedece a una finalidad concreta, querer petrificar los medios e instrumentos que usamos para alcanzarla es equivalente a respaldar la idea de que se conocen de antemano los fines que se persiguen con ella. Pero esto es anticipar las necesidades que tendremos y las formas para satisfacerlas, los fenómenos físicos que estudiaremos en el futuro y las premisas que usaremos para explicarlos.

Así, la diversidad de métodos que tenemos a mano en diferentes disciplinas y actividades nos provee de formas para relacionarnos con los objetos. Estas formas se asientan en una determinada comunidad debido a su éxito, pero no son más que hipótesis de trabajo que están en constante evolución. Por tanto, la idea de que exista una metodología en un dominio particular se torna en una cuestión de carácter pragmático, para institucionalizar procedimientos que han servido en otras ocasiones. Sin embargo, tales métodos no son neutralmente axiológicos, como hemos podido constatar en este caso científico: las generalizaciones de eficacia predictiva que se realizaron en la teoría cuántica también *contienen* intereses humanos, como el mismo Bohr afirmó. Existen actividades que tienen metodologías más o menos precisas, más o menos sofisticadas, más o menos institucionalizadas, dependiendo de los fines en

cuestión, pero no hay nada más general que pueda decirse con interés filosófico al respecto.

En suma, las consideraciones metodológicas de la teoría cuántica desde esta perspectiva permiten evitar la idea tradicional del método científico y establecer una continuidad entre ciencias naturales y otras ciencias o actividades. Ello, a su vez, evita insistir en el intento de seguir desplazando todo discurso hacia los parámetros establecidos metafísicamente por la ciencia. De esta manera, seguiríamos la consecuencia filosófica más fuerte que establece Rorty al respecto: que el intento de darle una explicación filosófica al éxito predictivo de la ciencia es una mala idea. No existe ninguna forma especial para tratar con los objetos que nos permita conocer su naturaleza de una forma más objetiva que otras formas, sino que la diversidad de métodos obedece a diferentes fines. Las diferentes ciencias tienen los propios y son altamente exitosas en ellos.

## La recontextualización de los objetos físicos en la mecánica cuántica

Finalizaré este análisis utilizando la noción de la investigación como recontextualización que se desarrolló en el capítulo pasado para dar una perspectiva pragmatista del objeto cuántico, y mostrar la plausibilidad y las ventajas de sus tesis en el ejemplo que nos ocupa.

Como vimos en el primer capítulo, en la primera etapa de la teoría comenzaron a surgir un conjunto de fenómenos que no podían ser satisfactoriamente explicados en términos de las teorías clásicas. Para dar solución a estos problemas se comenzaron a utilizar un conjunto de hipótesis adicionales que permitían dar elucidaciones parciales de dichos fenómenos hasta el origen de los nuevos formalismos, matricial y ondulatorio. De tal forma que la experimentación o interacción con los objetos cuánticos fue produciendo una nueva red de creencias acerca de los objetos físicos, que a su vez se traduce en un nuevo conjunto de hábitos de acción o disposiciones conductuales. Estas nuevas creencias dirigen acciones de los físicos para describir y manipular los objetos, las que a su vez producen más creencias en

un proceso que articula constantemente la explicación física y genera nuevas problemáticas. En dicha red o trama surgen presiones del mundo, contradicciones, tensiones con otras creencias que desechamos o sustituimos, restructuramos otras más condiciones cuánticas hasta convertirlas en la base de la teoría.

Así, mediante este esquema no sólo somos capaces de leer las creencias científicas como hábitos de acción, sino que también podemos ver que algunas de ellas están más asentadas que otras, que la diferencia entre hábito e indagación es de grado, como dice Rorty: la diferencia entre una creencia en torno a cuestiones incontrovertibles, algo usual, y las ocasiones donde hace falta un retejido a gran escala, consciente y deliberado. Es claro que el caso de la física cuántica exigió un retejido a gran escala, pues dicho planteamiento llevó a modificaciones que parecían incontrovertibles en las explicaciones físicas. En definitiva, la constitución del formalismo cuántico y su interpretación representaron una nueva red de creencias respecto del tejido de la teoría clásica.[83]

El objeto de la física clásica estaba contextualizado en una determinada red, bajo las suposiciones de continuidad, causalidad, etc., pero durante la indagación, a partir del surgimiento de nuevos estímulos debido a las tensiones y contradicciones generadas aumentaron el número de creencias añadidas o sustraídas, i.e. las reglas de cuantización, los osciladores virtuales, entre otros, hasta el punto que llevaron a un formalismo nuevo sobre nuevos supuestos. En este sentido, podemos hablar de recontextualización del objeto físico, tal como sugiere la perspectiva rortiana.

Ahora bien, desde dicho punto de vista, esta recontextualización no es más que un conjunto de relaciones del objeto que se establecen con el resto del universo. El objeto no tiene un contexto propio y privilegiado en virtud de ser el objeto que es (Rorty, 1996b: 135), sino que se constituye por los resultados de la propia indagación. Nuestro ejemplo

[83] Desarrollo esta idea con más detenimiento en el artículo (Hernández 2009).

científico muestra con particular énfasis el carácter del objeto contextualizado. De acuerdo con el *espíritu* de Copenhague, no hay forma de visualizar el objeto atómico independientemente de su contexto experimental. Tanto así, que los hallazgos de Kochen y Specker hacen referencia directa y explícita a lo que denominan "contextualidad cuántica" como hemos visto.

Ello nos lleva a sostener una concepción antiesencialista del mismo. Este ejemplo pone de manifiesto que las propiedades que forman el objeto no se distinguen entre necesarias y contingentes, esenciales y accidentales (onda o partícula, causalidad o espacio-temporalidad), sino en que algunas son más fáciles o difíciles de abandonar de acuerdo con los criterios establecidos para un vocabulario determinado. Las propiedades son relaciones establecidas en las oraciones de la teoría en función de la medida realizada, justificada por el formalismo. Algunas de ellas resultaron más difíciles de aceptar por no estar normalizadas en las descripciones previas, en el lenguaje de la física clásica que coincide con las experiencias del sentido común, pero no porque estas últimas sean intrínsecas a la realidad o necesarias para toda descripción. Ello explica la controversia cuántica en torno a la interpretación en términos de hábitos que para algunos era más difícil de abandonar que para otros.[84]

Por lo tanto, si adoptamos la concepción del objeto cuántico como una trama de creencias producto de la investigación entonces desechamos la idea del conocimiento como representación de la realidad, pues hemos eliminado el contraste entre esquema y contenido, como dijimos antes. De esta forma adoptaríamos el resto de tesis que hemos defendido aquí, reduciendo la verdad a justificación social relativa a un pro-

---

[84] A este respecto Kuhn nos cuenta cómo es característico de las revoluciones científicas que los miembros de la comunidad de mayor edad suelen oponerse a las nuevas ideas, al tiempo que las nuevas generaciones las aceptan con más facilidad. Por lo tanto, parte del proceso de cambio científico consiste en que la comunidad involucrada en una controversia se va renovando con perfiles más jóvenes y menos conservadores. Lo cual es consistente con la noción de hábitos más o menos asentados que desarrolla Rorty.

pósito, y la objetividad por la intersubjetividad de la comunidad científica sin reducirla a un consenso sociológico al margen de la realidad. Sólo cuando los hechos se oponen a las convenciones, cuando se ven como mutuamente excluyentes, es cuando adquiere sentido la idea de que la intersubjetividad se trata de un asunto sociológico que deja fuera la realidad. Sin embargo, cuando vemos el mundo y su evidencia, como parte de la cultura evitamos caer en un empirismo ingenuo o en un relativismo cultural.

Asimismo, hemos analizado cómo los criterios o normas de descripción para los objetos cuánticos resultaron relativos a una comunidad, en el sentido de que aceptar la descripción complementaria que nos ofrece Copenhague requería admitir la dependencia del contexto experimental, tanto a nivel epistémico como ontológico, y el comportamiento inherentemente estadístico de los fenómenos físicos. Con ello hemos defendido una noción de racionalidad como un ajuste entre medios y fines relativos a determinados objetivos, y unos principios lógicos y métodos institucionalizados como resultado de la propia indagación. En definitiva, el conjunto de nuevas prácticas en torno a los objetos cuánticos implicó adoptar nuevas reglas, en las justificaciones, metodologías y significados.

Como el nacimiento de cualquier normatividad o paradigma nuevo, el caso atómico marca un discurso anormal respecto de la física clásica, si bien éste resultó particularmente controvertido. Los físicos se enfrentaron con un ámbito de la realidad donde sus premisas básicas sobre los objetos no funcionaron más y fue necesario modificar. Es este momento, de proponer nuevos criterios y descripción que hemos esbozado aquí, donde dejan de tener vigencia las reglas que hasta entonces se seguían, aquello que Rorty denomina espacio hermenéutico porque exige una reinterpretación del mundo. Se trata del momento de proponer cosas nuevas en un proceso de ensayo y error, tanto para establecer el formalismo como para elaborar la interpretación (recordemos BKS o la interpretación ondulatoria de Schrödinger, por poner algunos ejemplos de dichos intentos).

Como producto de esta profunda transformación, se vuelve plausible la tesis pragmatista de que no encontramos a ningún nivel un criterio que pueda ser considerado universal o a *priori*. Por el contrario, nuestro ejemplo nos permite afirmar la idea de que nuestros criterios y estructuras de conocimiento están en constante transformación dependiendo de sus metas (unos más que otros, como hemos dicho). Por ello, la idea de conocer la *intrinsicidad* del mundo se vuelve una meta insostenible o vacía, por tanto, desechable.

Ahora bien, si rechazamos la noción de esencia o *intrinsicidad* del objeto, y aceptamos la tesis de que todo objeto es relativo a su descripción, por tanto, a determinados fines, llegamos a la tesis más fuerte de que no hay descripciones más fundamentales o reales que otras. Tal y como dijimos en el capítulo anterior, de ello se sigue que la distinción entre hechos 'duros' y 'blandos', entendida como objetivos y subjetivos, también resulta artificial. Tanto la transición de lo clásico a lo cuántico, como la controversia en torno a la aceptación de la interpretación de Copenhague nos muestran que las fuerzas causales del universo, completamente independientes de nosotros, generan diferentes descripciones y acuerdos sociales. Con ello se ilustra la idea de que los hechos son entidades que incluyen estímulos de mundo, pero también una respuesta elegida con anterioridad a dichos estímulos (i.e. un mundo causal, la necesidad de las categorías clásicas, etcétera)

El pragmatista afirma que apropiarse de estas elecciones previas no significa ser arbitrario, son hipótesis de trabajo que pondremos a prueba, pues ajustarnos a los estímulos causales cuando elaboramos creencias es inevitable. Es decir, ajustarnos al mundo microfísico es algo necesario si queremos predecir y describir eficientemente los fenómenos atómicos. Eso es algo a lo cual ningún físico racional se opondría por más controvertidas que fueran las descripciones. No obstante, las elecciones que son auxiliares en la descripción pueden responder a valoraciones epistémicas, como la economía, la simplicidad, o a otro tipo de valoraciones más generales o metafísicas. No voy a entrar en detalles sobre el carácter de las valoraciones que los miembros de Copenhague o sus

oponentes defendieron para sostener su visión de la teoría. Sólo quiero señalar el hecho de que en la descripción estaban involucrados tales valores y eso determinaba en parte su elección de vocabulario (complementario o determinista, por ejemplo). Por ello la distinción tradicional entre objetivo y subjetivo no funciona más para dar cuenta de las descripciones físicas.

Dar una lectura histórica de la ciencia, y de este ejemplo particular nos permite ver que lo que denominamos 'la dureza' de los hechos, son productos de acuerdos previos en una comunidad, claro está, se trata de un acuerdo basado en la eficiencia para alcanzar los fines científicos. En la historia de la mecánica cuántica qué reglas seguir y qué hechos considerar ha resultado un asunto por demás controvertido. Esto permite darle sentido a la perspectiva de Rorty acerca de que todos los hechos son instituciones que obedecen a dimensiones de valor concebidas socialmente, y que la controversia en torno a lo que se instituye puede darse en cualquier disciplina.

Así, hemos intentado diluir el planteamiento general de la epistemología moderna y su metafísica para este caso concreto, según la perspectiva del pragmatismo rortiano que expusimos en el capítulo anterior. De tal forma que lo que aquí me he propuesto es perder el sentido de la representación, como metáfora para pensar a la ciencia, así como la noción de fundamento y de *buenos o malos espejos*.

Por el contrario, he intentado defender la noción de conocimiento y ciencia como una herramienta activa y adaptativa, porque nos permite resolver problemas en continuidad con el resto de las actividades que realizamos, así como adoptar las consecuencias que de esta continuidad se derivan, por ejemplo, abandonar la idea de que tienen una naturaleza o un límite; un marco permanente y neutral previo a la indagación. Con ello he intentado argumentar para este caso concreto que los objetos cuánticos, como el resto de los objetos de nuestro conocimiento, no requieren la idea de mejores representaciones de la realidad ni la idea de métodos o criterios privilegiados. Más bien, dichas concepciones resultan artificiales y metafísicas.

Como consecuencia, los dualismos que marcan la epistemología moderna, objetivo-subjetivo, hecho-valor, representación-realidad, pueden ser reinterpretados como distinciones convenientes y prácticas para ciertos fines, pero no son distinciones ontológicas o epistemológicas definitivas. En definitiva, es claro que sería deseable abandonar la idea de que las creencias teorías y lenguajes son velos interpuestos entre los objetos y nosotros, y que resulta más útil concebirlos como formas de "poner a trabajar para nosotros las fuerzas causales del universo" (Rorty, 1996b: 118), y esa es una tarea que la mecánica cuántica cumple eficientemente.

Como consecuencia, esta lectura también propondría disolver la distinción filosófica entre cognitivo y no cognitivo, puesto que no encontramos un criterio lógico, metodológico u ontológico que demarque al conocimiento. En sustitución, como dijimos el capítulo pasado, adoptaríamos una demarcación que no signifique independencia de lo humano, sino una cuestión meramente sociológica e institucional. Asimismo, la diferencia entre los objetos es entre aquellos vocabularios que son controvertidos y aquellos a los que el norteamericano llama "banalmente interculturales", pero no entre niveles de realidad. Esto no quiere decir que 'no se pueda decir nada' o que 'se pueda decir cualquier cosa'; que no exista forma de distinguir entre una mejor o peor descripción. Sólo significa que dicho criterio es relativo a los fines. Esta visión antiesencialista y contingente del mundo y el hombre, tiene como fin evitar una cultura fracturada en dominios donde hay hechos efectivos y donde no los hay. La siguiente cita da cuenta de dicha tesis:

> Atribuirle a alguien una creencia en los unicornios es describirle en determinada relación con una proposición, igual que atribuirle un valor de un dólar es describirle en una determinación relación a un tratante de esclavos o con un banco de órganos. La primera de estas atribuciones no es más "no natural" que la segunda. Resulta útil hablar de creencias en los unicornios y, por ende, de unicornios para dar cuenta de lo que encontramos en algunos libros y tapices medievales, como es útil hablar de valor

> en dólares para dar cuenta del comportamiento de hombres de negocios, como lo es de hablar proposiciones para dar cuenta de la conducta lingüística de los extranjeros, y de átomos para dar cuenta, por ejemplo, de las reacciones químicas. No hablamos de la estructura interna o del nicho evolutivo de los unicornios cuando hacemos biología. Nos preguntamos por la naturaleza intrínseca del valor en dólares, o del dólar en sí mismo, o de las proposiciones, en mayor medida que preguntamos por la naturaleza intrínseca de los cardinales transfinitos. Pues los valores y las proposiciones, como los números, es obvio que son meros cortes dentro de una vasta red de relaciones (Rorty, 2000a: 151).

Por tanto, habiendo utilizado la perspectiva rortiana para este caso, adoptamos la idea de que la descripción cuántica basada en el espíritu de Copenhague es una interpretación que no es necesario contrastar con algo menos controvertido, porque no existen puntos de partida naturales en el pensamiento. Este ejemplo muestra que toda indagación es contextualización y todo pensamiento recontextualización.

Con esta tesis también afirmamos que el objeto cuántico es aquello de lo cual es útil hablar para hacer frente a los estímulos del mundo microscópico, y que la única noción de objeto que requerimos es la del objeto intencional, en este caso, aquello a lo que nos referimos con la onda o la partícula en relación a determinadas mediciones. También evitamos la discusión de si dicho objeto está constituido por el lenguaje o no. Con ello está claro que se diluye parte de la controversia sobre la interpretación cuántica. Evitamos caer en discusiones metafísicas sobre si las aparentemente "extrañas" características del mundo atómico son o no la forma en que la naturaleza "realmente es".

Admitir la diferencia entre objetos habituales y controvertidos, permite explicar la diversidad interpretativa de la teoría: la ansiedad filosófica que generó Copenhague, como ya dijimos. No obstante, la parsimonia ontológica es una cuestión de práctica y no de un análisis lingüístico, de uso y desuso de una u otra interpretación (hoy claramente causa menos incomodidad que hace casi un siglo). Podemos desplazar ahora la

atención de las existencias metafísicas del objeto cuántico, es decir, desde la idea de elaborar un *buen reflejo* de dichos objetos, hacia las exigencias de la finalidad de la investigación. Si colocamos nuestra descripción como relativa a dichos fines, entonces podemos considerarla exitosa.

Por otro lado, permite explicar la idea de que culturalmente se asocie la física como algo más universal y general. En ocasiones sus objetos y los estímulos que producen son más homogéneos y nos familiarizamos más rápidamente con ellos que, por ejemplo, con el comportamiento humano. Por ello los estímulos provenientes de la antropología o el arte pueden ser más a menudo más diversos o controvertidos. Pero como hemos expuesto antes, la única diferencia entre átomos, mesas, poemas y números es relativa a sus fines y eficiencia para lograrlos dentro de la red a la que pertenecen.

Así, reinterpretar los objetos de la ciencia física desde esta concepción de conocimiento y sus categorías relacionadas está vinculado con el fondo de la propuesta rortiana, que esbozamos en el capítulo anterior, sobre captar el sentido de la contingencia de cualquier proyecto humano, en concordancia con una visión darwinista del hombre y existencialista sartreana de la que nos habla el filósofo norteamericano. Insistir en el escenario de la epistemología moderna, no es más que insistir en que hay una conexión entre un sujeto transitorio y algo más allá de él, seguir siendo enemigos de nuestra contingencia y finitud, y buscar la seguridad en criterios que no son meramente humanos, falibles y perecederos.

## La ciencia cuántica: consideraciones finales

Finalmente, voy a esbozar una imagen del concepto de ciencia que se desprende del análisis realizado, así como algunas de las consecuencias culturales que mencioné en la introducción.

Dijimos al final del capítulo pasado que en la tradición moderna los objetos científicos se constituyeron como modelos de las buenas representaciones de la realidad, colocándola como el prototipo de su empresa epistemológica. A través de dicho modelo moderno de ciencia se articuló y fortaleció el discurso de la verdad como correspondencia y la idea

de procedimientos propiamente epistemológicos que demarcan disciplinas. Por ello es de un interés general que hayamos analizado, mediante las tesis pragmatistas, dicho proyecto en un ejemplo tan exitoso de la física contemporánea.

También dijimos que, como producto de dicha tradición, la ciencia se ha concebido como un género natural que intenta aproximarse a la estructura verdadera de la realidad. Pero como dicha idea o intuición tiene origen en ideas que hemos mostrado como históricas y agotadas, o en distinciones que hemos mostrado como artificiales, es una consecuencia que abandonemos dicha concepción. Si seguimos las tesis que hemos mostrado aquí, no hay una racionalidad o métodos propiamente científicos que la demarquen filosóficamente: los parámetros de los mismos se han transformado históricamente conforme a las condiciones particulares del desarrollo de la investigación cuántica. Es decir, al desarticular la demarcación moderna del conocimiento, en particular, para este caso de la ciencia física, desaparece también la demarcación natural de la ciencia. Las demarcaciones de las disciplinas son relativas a sus objetivos y las circunstancias contextuales que les permite alcanzarlos.

Con ello, podemos seguir al filósofo norteamericano en la idea de que resulta conveniente desaparecer la oposición filosófica entre los objetos de la ciencia y otro tipo de objetos. En todas encontramos polémica y consenso, en algunas uno es más importante que la otra, como en ciencia y política, respectivamente. Pero en términos generales se sigue que la idea de objetos *fuera y dentro* de nuestra mente son distinciones opcionales de las que podemos prescindir, porque no disponemos de un metalenguaje general o una 'materia objetiva' que las seleccione. Evitar estas distinciones tiene como meta deshacernos de un conjunto de problemas filosóficos que parecen haber agotado su función social: si distinguimos las actividades o disciplinas por cuestiones prácticas, elegimos opciones en función de nuestros valores, teorías y prácticas alternativas, pero no por algún ideal o límite inespecificado e inespecificable. En suma, en el fondo es un asunto de utilidad social.

Con ello no disminuimos el interés e importancia de la ciencia, sino que la resumimos como un logro cultural alcanzado gracias a que hemos aumentado de forma asombrosa nuestra capacidad de explicar y predecir innumerables fenómenos. Como dijimos antes, la sofisticación de nuestros instrumentos ha alcanzado niveles que no hubiésemos imaginado hace unos siglos, pero su origen es el mismo de los primeros hombres: resolver un problema concreto.

Recuperar y resignificar la importancia de esa genealogía se encuentra en directa relación con la idea de abandonar cualquier autoridad metafísica que organiza la vida social, en el fondo, con la forma en que deseamos concebirnos a nosotros mismos. Es decir, esta demarcación de la ciencia que Rorty rechaza tiene como origen un proyecto más general, a saber, la sospecha del intento por encontrar una relación especial y metafísica entre facultades humanas y el resto del mundo, una concepción absoluta de la realidad o el equivalente a encontrar un criterio más allá de nosotros mismos.

Así, he expuesto los elementos rortianos centrales sobre el conocimiento y la ciencia para el caso de una pequeña porción histórica de la física cuántica. De tal forma que intenté ilustrar cómo los objetos cuánticos son resultado de un interactuar eficiente con el entorno. Con esto se quiere decir que, como mencionamos antes, no hay una diferencia filosófica relevante entre tallar una herramienta y hacer una teoría atómica; la diferencia es de grado y no de clase, porque unas son más complejas y precisas que otras. Esto es lo que he querido mostrar como minimalismo filosófico.

Como dijimos en el capítulo pasado, hay dos sentidos en los que esta relectura de la ciencia puede resultar interesante. En primer lugar, trivializa un conjunto de problemas en torno del discurso científico que modifica el enfoque que la filosofía de la ciencia ha tenido sobre algunos problemas clásicos. En general, problemas como el de la demarcación, el método o la referencia científica carecerían ya de interés. En particular, el problema de la realidad independiente, en tanto no tengamos una teoría más eficiente, también pierde sentido. Como nos dice Bohr, pa-

recería que la ciencia es la realidad presentada de acuerdo con nuestros métodos de investigación y conocimiento.

Como consecuencia, indirectamente, seguimos una de las tesis centrales del pragmatismo de Rorty, a saber, la tesis metafilosófica de que los problemas filosóficos, en particular, los de la teoría cuántica y la ciencia no trascienden al tiempo y al azar, sino que pueden cambiar o desaparecer en función de las suposiciones y vocabularios elegidos, como hemos visto en esta controversia. En definitiva, que son producto de un desarrollo histórico específico.

En este sentido, el debate de la teoría cuántica se vuelve particularmente cercano a la perspectiva del filósofo norteamericano, debido a que ha impulsado la reflexión en torno a los supuestos y problemas clásicos dentro de la filosofía de la ciencia. Es decir, lo que acerca más el espíritu de Copenhague impulsado por Bohr con las tesis del pragmatismo de Rorty es el énfasis que realizan ambos, no en responder las preguntas clásicas para la ciencia o la filosofía, sino en hacer evidente que lo que podemos conocer del mundo, ya sea en un sentido filosófico y científico, depende más de cómo y qué preguntamos.

Por otro lado, nuestra lectura, como hemos reiterado, coloca en pie de igualdad descripciones elaboradas desde distintas disciplinas. Por ello, la ciencia no constituye un modelo cultural cuyos parámetros deban ser imitados por otros dominios culturales. Si cada vocabulario obedece a sus propios fines, la ciencia sólo es un lenguaje útil cuando se trata de predecir y controlar, pero hay dominios en donde esto no sólo es irrelevante, sino incluso hasta puede llegar a ser indeseable. Limitar el discurso científico a la deseabilidad de tales metas es algo que resultaría políticamente saludable en sociedades plurales y democráticas.

Además, desplaza la preocupación filosófica sobre la realidad en sí misma y sus parámetros hacia el ámbito ético y político. Es decir, en tanto la ciencia es una actividad social, la filosofía de la ciencia estaría más enfocada a la crítica cultural sobre cómo la ciencia puede ser un poder bien o mal usado en las sociedades contemporáneas.

Voy a finalizar mi escrito contrastando las dos formas en que, de acuerdo con Rorty, se puede concebir la física, la que hemos criticado y la que hemos intentado defender:

> He aquí una manera de enfocar la física: hay algunas cosas invisibles que forman parte de todo lo demás y cuya conducta determina la actividad del resto de las cosas. La física es la búsqueda de una descripción precisa de esas cosas invisibles, y su procedimiento consiste en hallar explicaciones cada vez mejores de lo visible. Con el tiempo, por medio de interpretaciones microbiológicas de lo mental y gracias a interpretaciones causales de los mecanismos del lenguaje, podremos entender las mismas verdades acerca del mundo que acopia el físico a modo de transacción entre dichas cosas invisibles.
>
> Y he aquí otra: los físicos son hombres dedicados a hallar nuevas interpretaciones del Libro de la Naturaleza. Tras cada periodo pedestre de ciencia normal, idean un nuevo modelo, una nueva imagen, un nuevo vocabulario, para pasar a anunciar el descubrimiento del verdadero significado del libro. Pero, claro está, nunca es así, como tampoco cabe descubrir el verdadero significado de la obertura *Coroliano*, de la *Dunciada*, de la *Fenomenología del Espíritu* o de las *Investigaciones filosófica*s. Lo que los hace ser físicos es que sus escritos son comentarios de los escritos de anteriores intérpretes de la Naturaleza y no el que de un modo u otro 'estén hablando de lo mismo', del *invisibilia Dei sive naturae* hacia el que sus investigaciones convergen imperturbablemente (Rorty, 1996a: 159).

Por supuesto que es posible y esperable, si hemos aprendido la lección de la historia, que muchos elementos que aquí he expuesto de la teoría cuántica sean modificados o superados radicalmente. Sólo he intentado mostrar que dichos elementos pueden ser plausiblemente interpretados en este último sentido, que ello no es necesario ni inevitable, pero que resultaría deseable y conveniente en una perspectiva plenamente secular de la cultura. Espero que al menos alguna inquietud positiva quede de ello.

# Bibliografía

Ball, P. (2018): *Cuántica: qué significa la teoría de la ciencia más extraña*, Madrid, Turner.

Bernstein R. J. (2016): *Ironic Life*, Cambridge Polity Press.

Born, M. (1983): "On the Quantum Mechanics of Collisions", en J.A. Wheeler & W.H. Zurek (eds.): *Quantum Theory and Measurement*, Princeton University Press, 1983, pp. 52-55.

Bohr, N. (1964): *Física Atómica y Conocimiento Humano*, Madrid, Aguilar.

___ (1970): *Nuevos ensayos sobre física atómica y conocimiento humano (1958-1962)*, Madrid, Aguilar.

___ (1988): *La teoría atómica y la descripción de la naturaleza*, Madrid, Alianza.

Brandom R. (1994): *Make It Explicit. Resoning, Representing and Discoursive Commitment*, Cambridge, Harvard University Press.

Cadenas, Y. (2004): *Epistemología, ontología y complementariedad Niels Bohr*, Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid.

Cassidy, D.C. (1992): *Uncertainty. The Life and Science of Werner Heisenberg*, New York, Freeman.

Davidson, D. (2003): *Subjetivo, intersubjetivo, objetivo*, Madrid, Ediciones Cátedra.

Del Castillo, R. (2015): *Rorty y el giro pragmátic*o, Madrid, Bonalletra Alcompas.

Dewey, J. (1986): *The Later Works, 1925-1953, vol. 12: 1838 Logic: The Theory of Inquiry*, Carbondale, Southern Illinois University Press.

___ (1988): *The Later Works*, 1925-1953, vol. 4: 1929: *The Quest of Certainty*, Carbondale, Southern, Illinois University Press.

Dupré, L.: (1993): "Modernity or Late Modernity? Ambiguities in Richard Rorty's Thought", *Review of Metaphysics*, vol. 47: 2, p. 277-295.

Einstein, A.; Podolsky, B.; Rosen, N. (1935). "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?". *Physical Review* 47: 777-78.

Faerna, A. (1996): *Introducción a la teoría pragmatista del conocimiento*, Madrid, Siglo Veintiuno.

Faye, J. (1991): *Niels Bohr: His Heritage and Legacy. An Anti-Realist View of Quantum Mechanics*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.

Feyerabend (1962): "Problems of Microphysics" en Colodny, R. G. (ed.), F*rontiers of Science and Philosophy*, Pittsburgh, Pittsburgh University Press.

Feyerabend, P. (1989): "Crítica al supuesto de invarianza del significado", en *Límites de la ciencia: explicación, reducción y empirismo*, Barcelona, Paidós, pp. 112-42.

Fine, A. (1996): *The Shaky Game. Einstein, Realism and The Quantum Theory*, Chicago, University of Chicago Press.

Folse, H. (1985): *The Philosophy of Niels Bohr: The Framework of Complementarity*, Amsterdam, North-Holland.

Forster, P.D. (2004): "What is at Stake between Putnam and Rorty?", en Malachowski, A. (ed.), *Pragmatism, vol. 3, Critical Responses*, Londres, SAGE, pp. 157-174.

Gribbin, J. (1986): *En busca del gato de Schrödinger: la fascinante historia de la mecánica cuántica*, Barcelona, Salvat.

Heal, J. (1990): "Pragmatism and Choosing to Believe", in Malachowski (ed.) *Reading Rorty. Critical Responses to Philosophy and the Mirror of Nature (and Beyond)*, Cambridge, Blackwell, pp. 101-14.

Heelan, P. (1965): *Quantum Mechanics and Objectivity: A Study of the Physical Philosophy of Werner Heisenberg,* The Hague, Martinus Nijhoff.
Heisenberg, W. (1953): "The Physical Content of Quantum Kinematics and Mechanics", en J.A. Wheeler, W.H. Zurek (eds.): *Quantum Theory and Measurement*, Princeton University Press, pp. 62-84.
Heisenberg, W. (1949): *The Physical Principles of the Quantum Theory*, New York, Dover.
Heisenberg, W. (1959): *Filosofía y física*, Buenos Aires, La Isla.
Heisenberg, W. (1962): *Los nuevos fundamentos de la ciencia*, Madrid, Norte y Sur.
Heisenberg, W. (1968): "Quantum-theoretical re-interpretation of kinematic and mechanical relations" en Waerden, B.L. van der (ed.), *Sources of Quantum Mechanics*, New York, Dover, pp. 261-76.
Heisenberg, W. (1976): *La imagen de la naturaleza en la física actual*, Barcelona, Ariel.
___ (1972): *Diálogos sobre física atómica*, Madrid, La Editorial Católica.
___ (1979): *Encuentros y conversaciones con Einstein y otros ensayos*, Madrid, Alianza.
Hernández, N. (200): "La indagación en física atómica como recontextualización: ¿es posible una perspectiva rortiana de la explicación en el marco de la complementariedad?" *Revista Tales*, no. 2, pp. 445-453.
Hernández, N. y Rodríguez, R. (2020): "Sobre la resolución y determinación de ambigüedades: entre la lingüística y la mecánica cuántica", *Sincronía*, XXIV, 77, pp. 69-94.
James, W. (1966): *El significado de la verdad*, Buenos Aires, Aguilar.
___ (1973): *Pragmatismo*, Buenos Aires, Aguilar.
Jammer, M. (1974): *The Philosophy of Quantum Mechanics: The Interpretations of Quantum Mechanics in Historical Perspective*, New York, John Wiley and Sons.
Kumar, M. (2011): *Quantum. Einstein, Bohr y el gran debate sobre la naturaleza de la realidad*, Barcelona, Kairós.
Levi (1981): "Escape from Boredom: Edification According to Rorty", *Canadian Journal of Philosophy*, vol. 11: 4, pp. 589-601.

Malachowski, A. (2002): *Richard Rorty*, Chesham, Acumen.
___ (2010): *The New Pragmatism*, Durham, Acumen.
Nehamas, A. (1982): Review: "Can We Ever Quite Change the Subject?: Richard Rorty on Science, Literature, Culture, and the Future of Philosophy" *Boundary 2*, vol. 10: 3 (Spring), pp. 395-413.
Moore, R. (1985): *Niels Bohr: The Man, His Science and the World They Changed*, Cambridge, MIT Press.
Moore, G.E. (2004): "William James' Pragmatism", en Pragmatism, Malachowski, A., (ed.), vol. 3, *Critical Responses*, Londres, SAGE, pp. 3-29.
Mounce, H.O. (1997): *The Two Pragmatisms*, Londres, Routledge.
Moreira R., (2004), "Ciência e Irracionalidade," En Chitas E. y Serrão A. Verissimo (eds.), *Razão e Espírito Científico*, Lisboa, Edições Duarte Reis, 63-74.
Murdoch, D. (1989): *Niels Bohr´s Philosophy of Physics*, Cambridge, Cambridge University Press.
Peirce, Ch. S. (1988): *El hombre un signo*, Barcelona, Crítica.
Rioja, A. (1992): "La filosofía de la complementariedad y la descripción objetiva de la naturaleza", *Revista de Filosofía*, vol. V: 8, Madrid, Editorial Complutense, pp. 257-282.
___ (1995a): "La dualidad onda-corpúsculo en la filosofía de Max Born", *Thémata: Revista de filosofía*, no. 14, Universidad de Sevilla, pp. 251-284.
___ (1995b): "Los orígenes del principio de indeterminación", *Theoria*, vol. X: 22, Universidad del País Vasco, pp. 117-143.
___ (2002): "Sobre ondas y corpúsculos: Un punto de vista lingüístico", en Rivadulla, A. y Mataix C. (eds.), *Física Cuántica y Realidad*, Madrid, Facultad de Filosofía, Universidad Complutense, pp. 135-154.
Rivadulla, A. (2002): "La solución revolucionaria de Planck del problema de la radiación del cuerpo negro" en: Rivadulla A. y Mataix C. (eds.), *Física cuántica y realidad*, Facultad de Filosofía, Madrid, Universidad Complutense de Madrid.

Rorty, R. (1991): *Contingencia, ironía y solidaridad*, Barcelona, Paidós.
___ (1993a): "Norteamericanismo y pragmatismo", *Isegoría*, no. 8, pp. 5-25.
___ (1993b): *Ensayos sobre Heidegger y otros pensadores contemporáneos. Escritos filosóficos 2*, Barcelona, Paidós.
___ (1996a): *Consecuencias del pragmatismo*, Madrid, Tecnos.
___ (1996b): *Objetividad, relativismo y verdad. Escritos filósoficos 1*, Barcelona Paidós.
___ (2000a): *Verdad y progreso. Escritos filosóficos 3*, Barcelona, Paidós.
___ (2000b): *El pragmatismo, una versión. Antiautoritarismo en epistemología y ética*, Barcelona, Ariel.
___ (2001): *La filosofía y el espejo de la naturaleza*, Madrid, Cátedra.
___ (2010a): "Intellectual Autobiography", en Auxier, R.E. y H. Lewis E. (eds.), *The Philosophy of Richard Rorty*, Southern Illinois University Carbonale.
___ (2010b): *Filosofía como política cultural. Escritos filosóficos 4*. Madrid, Paidós.
Schrödinger, E. (1982): *Collected Papers on Wave Mechanics*, Chelsea Publishing Company, Nueva York.
Selleri, F. (1986): *El debate de la teoría cuántica*, Madrid, Alianza.
Swayne, L. (2005): "How Hermeneutical is He? A Gadamerian Analysis of Richard Rorty", *Philosophy Today*, vol. 49, pp. 236-245.

*Minimalismo filosófico en mecánica cuántica*
*Una lectura desde el pragmatismo de Richard Rorty*
se terminó de editar
en febrero de 2021
en los talleres gráficos
de Amateditorial, S.A. de C. V.
Prisciliano Sánchez 612, Colonia Centro
Guadalajara, Jalisco
Tel.: 36120751 / 36120068
amateditorial@gmail.com
www.amateditorial.com.mx

La edición consta de 1 ejemplar..

*Corrección*: Nalliely Hernández

De la mano del minimalismo epistemológico de Rorty, esta obra nos introduce en el corazón de la mecánica cuántica a través de nuevos caminos de interpretación y resignificación de su proceso constitutivo. Deshace madejas de problemáticas obsoletas, para poner al descubierto parte de la urdimbre sobre la que se llevó a cabo la actividad científica y el conocimiento producido, dependientes ambas, en buena medida, del contexto cultural en el que se desarrollaron.

La posibilidad de ser leído desde distintos niveles de complejidad permite al experto descubrir nuevos diálogos entre los protagonistas de esta historia científica y pensadores ya clásicos de la filosofía de la ciencia, como Kuhn, Lakatos y Feyerabend. El lego, encontrará una sugerente e interesante forma de acercarse a los objetos cuánticos de finales de 1927. En ambos casos, descubrirán una nueva propuesta de aproximación al fenómeno científico allende de la temática específica que aquí se aborda. De ahí, que no sea de extrañar que a lo largo de su lectura se vengan a su mente nuevas relaciones epistémicas y culturales —en un sentido amplio— entre lo acontecido en el campo de la física y lo ocurrido en ese mismo tiempo en las ciencias sociales y humanas. La posibilidad latente de aplicar esta metodología y paradigma a los textos oficiales, así como a la correspondencia que rodeó el desarrollo de estos últimos campos, reevalúa esta obra.







